

WYMAGANIA EDUKACYJNE

Zawód: **Technik mechatronik (311410)**

Technikum 5-letnie

Kwalifikacje: ELM.03 i ELM.06

WYMAGANIA EDUKACYJNE NA POSZCZEGÓLNE OCENY

niedostateczny – gdy uczeń nie udziela poprawnych odpowiedzi, nie opanował wiadomości i umiejętności określonych programem nauczania przedmiotu, a braki te uniemożliwiają mu dalsze kształcenie, Nie zna podstawowych pojęć technicznych z przedmiotu, wykazuje lekceważący stosunek do przedmiotu, opuszcza z przyczyn nieusprawiedliwionych zajęcia lekcyjne, nie prowadzi zeszytu przedmiotowego, nie odrabia zadań domowych ma duże braki w wiadomościach które uniemożliwiają dalsze zdobywanie wiedzy. Nie chce korzystać z różnych form pomocy, wykazuje niechęć do zdobywania wiedzy. Ocenę otrzymuje uczeń notorycznie nieprzygotowany na zajęcia, który lekceważy przedmiot, nie oddaje prac w ustalonym terminie, notorycznie lekceważy regulaminy, nie potrafi rozwiązać prostych zadań z pomocą nauczyciela.

dopuszczający - gdy uczeń udziela odpowiedzi z pomocą nauczyciela, ma braki w opanowaniu wiadomości i umiejętności określonych programem nauczania, ale braki te nie przekreślają możliwości dalszego kształcenia, posiadane wiadomości i umiejętności potrafi zastosować tylko w najprostszych sytuacjach przy pomocy nauczyciela, zna podstawowe pojęcia techniczne z przedmiotu, uczęszcza na zajęcia lekcyjne, wykazuje uchybienia w zakresie aktywności na zajęciach lekcyjnych, prowadzi zeszyt przedmiotowy, odrabiania zadania domowe, potrafi zdefiniować podstawowe pojęcia, w wypowiedziach popełnia liczne błędy, przejawia obojętny stosunek do przedmiotu. Ocenę otrzymuje uczeń, który z trudem wykonuje działania zaplanowane do zrealizowania podczas lekcji, ale podejmuje w tym kierunku starania. Osiąga wyniki poniżej oceny dostatecznej. Pracuje niesystematycznie, często jest nieprzygotowany do lekcji. Posiadana wiedza jest nieuporządkowana.

dostateczny - gdy uczeń udziela odpowiedzi, rysuje proste elementy, układy, schematy połączeń i rozwiązuje proste zadanie przy pomocy nauczyciela, opanował podstawowe umiejętności i wiadomości z przedmiotu, popełnia drobne błędy terminologii technicznej, przejawia zainteresowania przedmiotem, opanował w podstawowym zakresie wiadomości i umiejętności określone programem nauczania, które są konieczne do dalszego kształcenia, posiadane wiadomości i umiejętności, potrafi zastosować w typowych sytuacjach, samodzielnie lub przy pomocy nauczyciela, wykazuje zainteresowanie tematyką lekcji, prowadzi systematycznie notatki i wykonuje zadania domowe, pracuje systematycznie, ale podczas realizowania działań technicznych w dużej mierze korzysta z pomocy innych osób, potrafi wykonać ćwiczenie i wyciągnąć właściwe wnioski przy niewielkiej pomocy nauczyciela a treści nauczania opanował na poziomie dostatecznym.

dobry - gdy uczeń potrafi odpowiedzieć na pytania i samodzielnie rozwiązać typowe zadania, rysuje elementy, schematy układów, posługując się symboliką zawartą w PN, EN lub ISO, opanował podstawowe wiadomości z przedmiotu, prawidłowo posługuje się terminologią, poprawnie analizuje schematy techniczne, samodzielnie korzysta z norm, katalogów, interesuje się przedmiotem, opanował w dużym zakresie wiadomości i umiejętności zawarte w programie nauczania, posiada wiadomości i umiejętności, potrafi właściwie zastosować w typowych sytuacjach, jest aktywny na lekcjach, uczeń podczas pracy na lekcjach korzysta z niewielkiej pomocy nauczyciela lub koleżanek i kolegów. W czasie wykonywania prac praktycznych samodzielnie wykonuje ćwiczenie i wyciąga wnioski z pomiarów, właściwie dobiera narzędzia i utrzymuje porządek na swoim stanowisku pracy.

bardzo dobry - gdy uczeń potrafi odpowiedzieć na pytania posługując się szkicami i rysunkami elementów i układów, samodzielnie rozwiązuje zadania problemowe posługując się przy tym terminologią i symboliką zgodną z ISO, opanował pełny zakres wiedzy i umiejętności określony programem, sprawnie posługuje się językiem technicznym, wiadomościami, potrafi zastosować nabytą wiedzę do rozwiązania problemu, wykazuje się dużą aktywnością i kreatywnością, potrafi zastosować wiedzę z innych przedmiotów, potrafi obsługiwać dydaktyczne programy komputerowe, potrafi wyszukiwać potrzebne informacje w Internecie, przygotowuje referaty, opanował pełny zakres wiadomości i umiejętności określone programem nauczania, zdobył wiadomościami i umiejętnościami, które potrafi również wykorzystać w sytuacjach nietypowych, poprawnie posługuje się językiem technicznym, samodzielnie korzysta z zalecanej literatury technicznej, wykazuje dużą zaangażowanie na lekcjach, uczeń pracuje systematycznie, samodzielnie oraz wykonuje zadania poprawnie pod względem merytorycznym.

celujący – gdy opanował pełny zakres wiedzy i umiejętności określone programem, a ponad to posiada wiedzę i umiejętności znacznie wykraczające poza program nauczania, osiąga sukcesy w konkursach i olimpiadach technicznych, współpracuje z nauczycielem w pracy dydaktycznej, opanował wiadomości i umiejętności znacznie wykraczające poza program nauczania, sprawnie posługuje się zdobytymi wiadomościami i umiejętnościami w sytuacjach problemowych, biegle posługuje się językiem technicznym, z własnej inicjatywy poszerza zdobytą wiedzę korzystając z dodatkowej literatury technicznej, wykonuje zadania dodatkowe wymagające własnej inwencji, samodzielnie rozwija swoje zainteresowania, wiedzę, osiąga sukcesy w konkursach i olimpiadach z przedmiotów zawodowych. Uczeń, pracuje systematycznie, wykonuje wszystkie zadania samodzielnie, starannie i poprawnie pod względem merytorycznym. Opanował wymaganą wiedzę i umiejętności, wykazuje się dużym zaangażowaniem na lekcji, a podczas wykonywania praktycznych zadań biegle analizuje wyniki pomiarów, wyciąga właściwie wnioski, przestrzega zasad BHP, bezpiecznie posługuje się narzędziami i dba o właściwą organizację miejsca pracy. Samodzielnie rozwija własne umiejętności. Bieży czynny udział w konkursach i olimpiadach uzyskując tytuł, laureata lub finalisty.

PRZEDMIOT 1: BEZPIECZEŃSTWO I HIGIENA PRACY (BHP)

Dział 1: Bezpieczeństwo i higiena pracy w branży mechatronicznej. Prawna ochrona pracy

Temat 1: Podstawowe pojęcia dotyczące ochrony pracy, ochrony przeciwpożarowej oraz ochrony środowiska

- **Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi):** wymienić akty prawa wewnątrzzakładowego związane z bezpieczeństwem i higieną pracy, ochroną przeciwpożarową, ochroną środowiska i ergonomią; zastosować pojęcia związane z bezpieczeństwem pracy, ochroną pracy i ochroną przeciwpożarową; opisać działania realizowane w zakresie ochrony środowiska, ochrony przeciwpożarowej oraz ergonomii; wyrazić swoje opinie zgodnie z przyjętymi normami w swoim środowisku pracy.
- **Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi):** wymienić akty normatywne określające wymagania w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony przeciwpożarowej, ochrony środowiska i ergonomii; zinterpretować przepisy prawa pracy; wyszukać w Internecie treść określonego rozporządzenia lub ustawy.

Treści nauczania

- **Prawa i obowiązki pracownika oraz pracodawcy (wg Kodeksu Pracy):** Obowiązki w zakresie badań profilaktycznych, szkoleń BHP (wstępnych i okresowych); prawo do powstrzymania się od wykonywania pracy w warunkach bezpośredniego zagrożenia.
- **Nadzór nad warunkami pracy:** Uprawnienia i rola Państwowej Inspekcji Pracy (PIP), Państwowej Inspekcji Sanitarnej (PIS) oraz Urzędu Dozoru Technicznego (UDT) w odniesieniu do maszyn mechatronicznych i zbiorników ciśnieniowych.
- **Ocena i szacowanie ryzyka zawodowego:** Definicja zagrożenia, ryzyka i wypadku przy pracy; metody identyfikacji czynników szkodliwych i niebezpiecznych; wyznaczanie poziomu ryzyka metodą oraz wskaźnikiem PHA na stanowisku monter a i serwisanta urządzeń mechatronicznych.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie zna podstawowych praw i obowiązków pracownika/pracodawcy ani instytucji nadzoru.
- **Dopuszczający (2):** Wymienia podstawowe obowiązki pracownika; definiuje zagrożenie i przypadek wypadku przy pracy z pomocą nauczyciela. Wymienia pod nadzorem podstawowe definicje BHP i PPOŻ.
- **Dostateczny (3):** Omówi role PIP, PIS i UDT; wyjaśnia pojęcia ryzyka zawodowego oraz wskazuje zagrożenia na stanowisku mechatronika. Spełnia pełne wymagania podstawowe; samodzielnie opisuje podstawowe działania PPOŻ i ochrony środowiska w zakładzie.
- **Dobry (4):** Charakteryzuje procedury badań i szkoleń BHP; szacuje ryzyko zawodowe prostą metodą. Spełnia wymagania podstawowe i wybiórczo ponadpodstawowe; sprawnie odszukuje i przytacza polskie akty prawne i rozporządzenia.
- **Bardzo dobry (5):** Przeprowadza pełną analizę ryzyka na stanowisku serwisanta/montera (PHA; sprawnie posługuje się przepisami Kodeksu Pracy. Spełnia wymagania podstawowe i wybiórczo ponadpodstawowe; sprawnie odszukuje i przytacza polskie akty prawne i rozporządzenia.

- **Celujący (6):** Opracowuje kompleksową instrukcję stanowiskową BHP dla nowo projektowanego stanowiska z uwzględnieniem wytycznych PIP i UDT. Spełnia wymagania podstawowe i wybiórczo ponadpodstawowe; sprawnie odszukuje i przytacza polskie akty prawne i rozporządzenia.

Temat 2: Instytucje i służby działające w zakresie ochrony pracy, ochrony przeciwpożarowej oraz ochrony środowiska w Polsce

- **Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi):** rozróżnić instytucje i służby działające w zakresie ochrony pracy, ochrony przeciwpożarowej oraz ochrony środowiska w Polsce; określić zadania i uprawnienia instytucji i służb zajmujących się ochroną pracy, ochroną przeciwpożarową oraz ochroną środowiska w Polsce.
- **Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi):** współpracować ze służbami działającymi w zakresie ochrony pracy, ochrony przeciwpożarowej oraz ochrony środowiska w Polsce.

Treści nauczania:

- **Ochrona pracy i warunków zatrudnienia, Państwowa Inspekcja Pracy (PIP):** Struktura organizacyjna (Główny Inspektorat Pracy, Okręgowe Inspektoraty Pracy); zadania i uprawnienia inspektora pracy (prawo wstępu na teren zakładu bez zapowiedzi, nakaz wstrzymania prac, nakładanie mandatów); rola PIP w badaniu wypadków przy pracy. Państwowa Inspekcja Sanitarna (Sanepid): Zadania w zakresie higieny pracy; kontrola czynników szkodliwych i uciążliwych w środowisku pracy (hałas, chemia, oświetlenie); nadzór nad chorobami zawodowymi i warunkami higieniczno-sanitarnymi (np. stołówki, szatnie). Urząd Dozoru Technicznego (UDT): Zakres nadzoru nad urządzeniami stwarzającymi szczególne zagrożenie (windy, wózki widłowe, suwnice, zbiorniki ciśnieniowe); uprawnienia do obsługi i konserwacji urządzeń technicznych. Służba BHP w zakładzie pracy: Kiedy pracodawca ma obowiązek powołania służby BHP (powyżej 100 pracowników); zadania, uprawnienia i rola behapowca jako doradcy pracodawcy (przeprowadzanie kontroli, udział w ocenie ryzyka, sporządzanie dokumentacji powypadkowej). Społeczna Inspekcja Pracy (SIP): Rola związków zawodowych i Społecznych Inspektorów Pracy w reprezentowaniu interesów pracowników w zakresie BHP.
- **Ochrona przeciwpożarowa (PPOŻ), Państwowa Straż Pożarna (PSP):** Rola PSP jako organu powołanego do walki z pożarami, klęskami żywiołowymi i innymi miejscowymi zagrożeniami; uprawnienia kontrolno-rozpoznawcze straży w zakładach pracy (odbory budynków, kontrole stanu zabezpieczeń PPOŻ). Ochotnicza Straż Pożarna (OSP): Rola i znaczenie jednostek ochotniczych w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym. Komendanci i rzeczoznawcy ds. zabezpieczeń PPOŻ: Rola specjalistów w uzgadnianiu projektów budowlanych pod względem bezpieczeństwa pożarowego.
- **Ochrona środowiska, Główny i Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska (GIOŚ / WIOŚ):** Zadania w zakresie kontroli przestrzegania przepisów o ochronie środowiska przez przedsiębiorstwa; monitorowanie stanu środowiska; przeciwdziałanie poważnym awariom przemysłowym. Ministerstwo Klimatu i Środowiska oraz organy samorządowe: Rola urzędów marszałkowskich, starostw i urzędów gmin w wydawaniu pozwoleń środowiskowych (np. na emisję gazów, gospodarkę odpadami).

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Dopuszczający (2):** Uczeń przy pomocy nauczyciela potrafi rozszyfrować skróty PIP, Sanepid i PSP oraz wskazać, która instytucja zajmuje się gaszeniem pożarów, a która kontrolą legalności zatrudnienia. Wymienia nazwy takich instytucji jak PIP czy PIS.
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie wymienia podstawowe zadania PIP i Sanepidu. Wie, że wózki widłowe podlegają pod UDT. Rozumie, kim jest behapowiec w zakładzie pracy i do kogo zgłosić się w przypadku rażącego łamania zasad bezpieczeństwa. Określa podstawowe zadania kontrolne PIP i Sanepidu.
- **Dobry (4):** Uczeń potrafi scharakteryzować uprawnienia inspektora PIP (np. prawo do nałożenia mandatu lub wstrzymania pracy maszyny). Wyjaśnia różnicę między zadaniami PIP (prawo pracy, bezpieczeństwo maszyn) a Sanepidem (higiena, zdrowie, czynniki szkodliwe). Zna szczegółowe uprawnienia inspektorów pracy (np. nakaz wstrzymania prac).
- **Bardzo dobry (5):** Uczeń wykazuje pełną, usystematyzowaną wiedzę, potrafi interpretować przepisy prawne (Kodeks Pracy, ustawy o ochronie ppoż. i środowiska) oraz samodzielnie ocenić ryzyko w zakładzie pracy. Ochrona pracy: Zna strukturę i rolę Rady Ochrony Pracy przy Sejmie RP oraz Urzędu Dozoru Technicznego (UDT) w kontekście bezpieczeństwa maszyn i urządzeń. Analizuje podział odpowiedzialności za wypadek przy pracy. Ochrona przeciwpożarowa: Zna rygorystyczne wymagania dotyczące instrukcji bezpieczeństwa pożarowego obiektów, zasady przeprowadzania próbnych ewakuacji oraz wymagania techniczno-budowlane dla budynków w zakresie odporności pożarowej. Ochrona środowiska: Rozumie procedury ocen oddziaływania inwestycji na środowisko (rola Regionalnych Dyrekcji Ochrony Środowiska – RDOŚ). Zna system opłat za korzystanie ze środowiska i kary administracyjne za zanieczyszczanie. Praktyka: Potrafi samodzielnie przeprowadzić analizę stanowiska pracy pod kątem zagrożeń, zaproponować środki ochrony zbiorowej i indywidualnej oraz dobrać odpowiednie procedury współpracy ze służbami zewnętrznymi (PIP, PSP, WIOŚ) podczas kontroli. Symuluje poprawną i merytoryczną współpracę lub zgłoszenie zdarzenia do odpowiednich służb zewnętrznych.
- **Celujący (6):** Uczeń wykazuje wiedzę i umiejętności wykraczające poza program nauczania, potrafi powiązać polskie przepisy z dyrektywami Unii Europejskiej oraz wykazuje inicjatywę i postawę liderką. Swobodnie porusza się w relacjach międzynarodowych – zna rolę Europejskiej Agencji Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy (EU-OSHA) oraz standardy ISO (np. ISO 45001 – zarządzanie BHP, ISO 14001 – zarządzanie środowiskowe). Potrafi samodzielnie opracować projekt wewnętrznego regulaminu bezpieczeństwa, instrukcji ppoż. lub planu gospodarki odpadami dla fikcyjnego zakładu przemysłowego. Proponuje innowacyjne rozwiązania z zakresu green computing / green industry lub systemów automatyki wspierających bezpieczeństwo pracy i minimalizację śladu węglowego. Aktywnie wspiera proces edukacyjny w grupie, pełniąc rolę eksperta podczas projektów zespołowych i symulacji audytów instytucji kontrolnych. Analizuje historyczne przypadki prawne i orzecznictwo związane z decyzjami organów nadzorczych.

Temat 3: Prawa i obowiązki pracownika oraz pracodawcy w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy

- **Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi):** wymienić prawa i obowiązki pracownika i pracodawcy w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy; wskazać prawa i obowiązki pracownika, który uległ wypadkowi przy pracy, wynikające z przepisów prawa; wskazać prawa i obowiązki pracownika, który zachorował na chorobę zawodową, wynikające z przepisów prawa; wymienić zakres odpowiedzialności pracownika oraz pracodawcy z tytułu naruszenia przepisów prawa pracy.
- **Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi):** omówić konsekwencje nieprzestrzegania obowiązków przez pracownika i pracodawcę w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy.

Treści nauczania

- **Podstawowe obowiązki pracodawcy (Odpowiedzialność zarządcza), Ogólna odpowiedzialność za stan BHP:** Zasada, że pracodawca ponosi pełną odpowiedzialność za stan BHP w zakładzie pracy (odpowiedzialności tej nie zdejmują obowiązki pracowników ani powołanie służby BHP). Finansowanie bezpieczeństwa: Całkowity zakaz obciążania pracowników kosztami działań związanych z BHP. Obowiązki organizacyjne i profilaktyczne: Organizowanie pracy w sposób zapewniający bezpieczne i higieniczne warunki. Zapewnienie profilaktycznej ochrony zdrowia (badania wstępne, okresowe, kontrolne). Przeprowadzanie szkoleń wstępnych i okresowych BHP (na koszt pracodawcy i w czasie pracy). Informowanie pracowników o ryzyku zawodowym oraz o zasadach postępowania w przypadku awarii lub pożaru. Dostarczanie bezpłatnie środków ochrony indywidualnej, odzieży i obuwia roboczego. Reagowanie na nakazy instytucji nadzorujących: Obowiązek wykonywania nakazów Państwowej Inspekcji Pracy (PIP) oraz decyzji Państwowej Inspekcji Sanitarnej (Sanepidu).
- **Podstawowe obowiązki pracownika (Odpowiedzialność osobista):** Zasada współodpowiedzialności: Przestrzeganie przepisów i zasad BHP jako podstawowy obowiązek pracownika (art. 211 Kodeksu pracy). Obowiązki wykonawcze na stanowisku pracy: Znać przepisy i zasady BHP, brać udział w szkoleniach i zdawać wymagane egzaminy. Wykonywać pracę w sposób zgodny z przepisami i zasadami BHP oraz stosować się do wydawanych w tym zakresie poleceń przełożonych. Dbać o należyty stan maszyn, urządzeń, narzędzi i sprzętu oraz o porządek i ład w miejscu pracy. Stosować środki ochrony zbiorowej, a także używać przydzielonych środków ochrony indywidualnej oraz odzieży i obuwia roboczego, zgodnie z ich przeznaczeniem. Obowiązki alarmowe i lekarskie: Poddawać się wstępnym, okresowym i kontrolnym oraz innym zaleconym badaniom lekarskim. Niezwłocznie zawiadomić przełożonego o zauważonym w zakładzie pracy wypadku albo zagrożeniu życia lub zdrowia ludzkiego.
- **Prawa pracownika (Uprawnienia ochronne):** Prawo do powstrzymania się od wykonywania pracy: Warunki i procedura asertywnego odstąpienia od pracy w sytuacji, gdy warunki pracy nie odpowiadają przepisom BHP i stwarzają bezpośrednie zagrożenie dla zdrowia lub życia pracownika (art. 210 Kodeksu pracy). Prawo do oddalenia się z miejsca zagrożenia: Procedura bezpiecznego opuszczenia strefy niebezpiecznej w razie bezpośredniego zagrożenia, przy zachowaniu prawa do wynagrodzenia. Ochrona pracowników młodocianych i kobiet w ciąży: Szczególne prawa ochronne (np. zakaz pracy w porze nocnej, limity dźwigania ciężarów, wykaz prac wzbronionych).
- **Konsekwencje prawne i odpowiedzialność za naruszenia:** Odpowiedzialność porządkowa pracownika: Kary upomnienia, nagany lub kary pieniężne za nieprzestrzeganie przez pracownika przepisów BHP. Odpowiedzialność pracodawcy i osób kierujących pracownikami: Kary grzywny nakładane przez inspektora PIP za wykroczenia przeciwko prawom pracownika oraz odpowiedzialność karna (art. 220 Kodeksu karnego) za niedopełnienie obowiązków BHP i narażenie pracownika na bezpośrednie niebezpieczeństwo utraty życia albo ciężkiego uszczerbku na zdrowiu.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Dopuszczający (2):** Uczeń przy pomocy nauczyciela potrafi wymienić dwa podstawowe obowiązki pracownika (np. noszenie kasku, sprzątanie stanowiska) i wie, że pracodawca musi zapewnić szkolenie BHP. Wymienia jedno podstawowe prawo i jeden obowiązek pracownika.
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie wymienia najważniejsze obowiązki pracownika (art. 211 KP) oraz podstawowe obowiązki pracodawcy. Wie, kto płaci za badania lekarskie i okulary ochronne. Rozróżnia badanie wstępne od okresowego. Zna procedurę powypadkową oraz obowiązki informacyjne ciążyące na pracowniku.

- **Dobry (4):** Uczeń wyjaśnia procedurę powstrzymania się od pracy w myśl art. 210 KP (kogo i jak powiadomić). Rozumie konsekwencje nieprzestrzegania przepisów BHP (kary porządkowe) i potrafi scharakteryzować rolę Państwowej Inspekcji Pracy. Charakteryzuje odpowiedzialność dyscyplinarną i porządkową pracownika oraz finansową pracodawcy.
- **Bardzo dobry (5):** Uczeń potrafi przeanalizować sytuację sporną na linii pracownik-pracodawca pod kątem łamania praw BHP. Zna zakres odpowiedzialności karnej osób kierujących pracownikami oraz precyzyjnie określa limity i obostrzenia dotyczące pracy młodocianych lub kobiet w ciąży w wybranym zawodzie. Kompleksowo omawia konsekwencje karne i cywilne rażących zaniedbań z obu stron stosunku pracy.
- **Celujący (6):** Uczeń wykazuje biegłość w interpretacji przepisów Kodeksu pracy. Potrafi samodzielnie rozwiązywać skomplikowane studia przypadków (case studies) dotyczące odpowiedzialności za wypadki przy pracy, wykazując głębokie zrozumienie relacji prawnych w środowisku zawodowym. Opracowuje symulację postępowania przed sądem pracy w przypadku sporu o odszkodowanie powypadkowe.

Dział 2: Podstawy ergonomii, ochrony środowiska i organizacji stanowiska. Czynniki środowiska pracy

Temat 1: Charakterystyka czynników środowiska pracy

- **Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi):** wymienić rodzaje czynników środowiska pracy podczas wykonywania zadań zawodowych; rozróżnić źródła czynników środowiska pracy podczas wykonywania zadań zawodowych; opisać znaki zakazu, nakazu, ewakuacyjne, ochrony przeciwpożarowej, sygnały alarmowe.
- **Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi):** opisać czynniki środowiska pracy podczas wykonywania zadań zawodowych; opisać skutki oddziaływania czynników środowiska pracy podczas wykonywania zadań zawodowych.

Treści nauczania

- **Ergonomia stanowiska pracy mechatronika:** Zasady projektowania stanowisk monterskich i obsługowych zgodnie z naukami antropometrii; strefy sięgania rąk; ergonomia widzenia i pozycji ciała przy pracach precyzyjnych i przy konsolach HMI.
- **Szkodliwe i uciążliwe czynniki w środowisku pracy:** Wpływ hałasu, drgań (wibracji), promieniowania elektromagnetycznego, zapylenia oraz substancji chemicznych (oleje hydrauliczne, smary, chłodziwa, rozpuszczalniki do elektroniki).
- **Ochrona środowiska i gospodarka odpadami:** Procedury magazynowania i utylizacji odpadów przemysłowych niebezpiecznych (zużyte oleje, akumulatory, elektro odpady, spoiwa lutownicze); Dyrektywy RoHS i WEEE.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie potrafi wskazać czynników szkodliwych na stanowisku ani zasad postępowania ze szkodliwymi odpadami.
- **Dopuszczający (2):** Podaje przykłady czynników szkodliwych (hałas, substancje chemiczne); wymienia podstawowe zasady organizacji stanowiska. Bezpiecznie rozpoznaje znaki ewakuacyjne i barwy bezpieczeństwa na stanowisku.
- **Dostateczny (3):** Opisuje wpływ hałasu, drgań i chemii na organizm; wyjaśnia zasady segregacji odpadów przemysłowych i przepisy RoHS/WEEE. Klasyfikuje czynniki na fizyczne, chemiczne, biologiczne i psychofizyczne.

- **Dobry (4):** Charakteryzuje strefy sięgania i parametry oświetlenia zgodne z ergonomią; planuje utylizację olejów i elektroodpadów. Wskazuje konkretne źródła czynników szkodliwych występujących w halach mechatronicznych (np. hałas, pole EM).
- **Bardzo dobry (5):** Projektuje ergonomiczne i bezpieczne stanowisko pracy mechatronika z uwzględnieniem czynników fizycznych i chemicznych. Szczegółowo opisuje długofalowe medyczne i fizjologiczne skutki oddziaływania czynników szkodliwych na organizm operatora maszyn.
- **Celujący (6):** Wykonuje audyt ergonomiczny istniejącego stanowiska roboczego i proponuje kompleksowe modernizacje zmniejszające obciążenie organizmu. Projektuje autorską mapę rozmieszczenia znaków bezpieczeństwa i stref zagrożeń dla laboratorium zrobotyzowanego.

Temat 2: Zasady zapobiegania wpływowi czynników szkodliwych na organizm człowieka

- **Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi):** opisać objawy typowych chorób zawodowych mogących wystąpić na stanowiskach pracy; scharakteryzować zagrożenia związane z występowaniem szkodliwych czynników w środowisku pracy; opisać środki ochrony indywidualnej i zbiorowej.
- **Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi):** wyjaśnić sposoby zapobiegania zagrożeniom zdrowia i życia podczas wykonywania zadań zawodowych.

Treści nauczania:

- **Klasyfikacja i identyfikacja czynników środowiska pracy**
- Podział czynników: Definiowanie i rozróżnianie czynników:
 - niebezpiecznych (prowadzących do urazów i wypadków),
 - szkodliwych (prowadzących do chorób zawodowych),
 - uciążliwych (utrudniających pracę i powodujących przedwczesne zmęczenie).
- Grupy czynników szkodliwych:
 - Fizyczne: hałas, drgania mechaniczne (wibracje), mikroklimat (gorący/zimny), promieniowanie (UV, podczerwone, jonizujące), nieprawidłowe oświetlenie.
 - Chemiczne: substancje toksyczne, drażniące, uczulające, rakotwórcze, mutagenne (w postaci pyłów, gazów, par, cieczy).
 - Biologiczne: wirusy, bakterie, grzyby, pasożyty, z którymi pracownik ma kontakt podczas pracy (np. w laboratoriach, rolnictwie, służbie zdrowia).
 - Psychofizyczne: obciążenie fizyczne (statyczne i dynamiczne), monotonność pracy, stres zawodowy, zmęczenie narządu wzroku lub głosu.
- **Normatywy higieniczne i ocena narażenia**
- Pojęcia NDS i NDN: Definicja i interpretacja wskaźników:
 - NDS (Najwyższe Dopuszczalne Stężenie) dla czynników chemicznych i pyłów.
 - NDN (Najwyższe Dopuszczalne Natężenie) dla czynników fizycznych (np. hałasu w decybelach).
- Karty charakterystyki: Zasady czytania i interpretacji Kart Charakterystyki Substancji Chemicznych (zwrotów wskazujących rodzaj zagrożenia H i zwrotów określających środki ostrożności P).
- Profilaktyczne badania lekarskie: Rola i częstotliwość badań wstępnych, okresowych i kontrolnych w zapobieganiu chorobom zawodowym.
- **Środki i metody zapobiegania (Hierarchia środków ochrony)**
- Eliminowanie zagrożeń u źródła: Zastępowanie substancji szkodliwych bezpieczniejszymi alternatywami (np. zmiana farb rozpuszczalnikowych na wodne), automatyzacja i robotyzacja procesów niebezpiecznych.
- Środki ochrony zbiorowej:

- Wentylacja ogólna i odciągi miejscowe (wentylacja stanowiskowa),
- Obudowy dźwiękochłonne, ekrany ochronne, hermetyzacja procesów technologicznych,
- Izolacja pracowników od stref zagrożenia.
- Środki ochrony indywidualnej: Zasady prawidłowego doboru, stosowania i konserwacji:
- Ochrony dróg oddechowych (maski, półmaski, filtry, pochłaniacze),
- Ochrony słuchu (nauszniki, wkładki przeciwhałasowe),
- Ochrony oczu i twarzy (okulary ochronne, gogle, przyłbice),
- Ochrony skóry i ciała (odzież ochronna, rękawice, kremy barierowe).
- **Ergonomia i higiena pracy**
- Ergonomiczne organizowanie stanowiska: Dostosowanie maszyn i przestrzeni do antropometrycznych cech organizmu ludzkiego (właściwa wysokość blatu, zasięg rąk, kąt patrzenia).
- Zasady bezpiecznego podnoszenia ciężarów: Normy dźwigania dla kobiet i mężczyzn; prawidłowa technika podnoszenia ładunków z ziemi (proste plecy, ugięte kolana) w celu ochrony kręgosłupa.
- Higiena osobista i profilaktyka: Znaczenie przerw w pracy, rotacji na stanowiskach, zakazu spożywania posiłków w strefach pracy z substancjami chemicznymi oraz właściwego oczyszczania ciała po zakończeniu pracy.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Dopuszczający (2):** Uczeń przy pomocy nauczyciela wymienia 2–3 czynniki szkodliwe (np. hałas, pył) i potrafi wskazać podstawowe środki ochrony, takie jak okulary czy maska. Wskazuje podstawowe środki ochrony (okulary, rękawice).
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie odróżnia czynnik szkodliwy od uciążliwego. Zna skróty NDS i NDN. Potrafi prawidłowo założyć podstawowe środki ochrony indywidualnej oraz opisać właściwą pozycję przy podnoszeniu paczki. Rozróżnia środki ochrony indywidualnej od zbiorowych (np. wentylacja od maski).
- **Dobry (4):** Uczeń potrafi dobrać odpowiedni filtr lub pochłaniacz do konkretnego rodzaju pyłu/gazu na podstawie karty charakterystyki. Wyjaśnia różnicę między ochroną zbiorową a indywidualną i uzasadnia wyższość tej pierwszej. Dobiera właściwe techniczne i organizacyjne metody redukcji hałasu i zapylenia na stanowisku montażowym.
- **Bardzo dobry (5):** Uczeń kompleksowo analizuje stanowisko pracy pod kątem wszystkich czterech grup czynników szkodliwych. Potrafi zaproponować system wentylacji lub zmiany ergonomiczne eliminujące powstawanie chorób zawodowych w danym zawodzie. Tworzy pełną strategię profilaktyki technicznej i medycznej zapobiegającej powstawaniu pylicy lub uszkodzeń słuchu.
- **Celujący (6):** Uczeń samodzielnie przeprowadza symulowaną ocenę ryzyka zawodowego dla wybranego stanowiska pracy. Twórczo projektuje nowoczesne rozwiązania organizacyjno-techniczne zmniejszające narażenie pracowników na czynniki szkodliwe do absolutnego minimum. Przeprowadza krytyczną analizę skuteczności systemów bezpieczeństwa w koncepcji Przemysłu 4.0.

Temat 3: Kompetencje personalne i społeczne w środowisku pracy

- **Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi):** przestrzegać zasad kultury i etyki; zastosować zasady etykiety w komunikacji z przełożonym i ze współpracownikami w codziennych kontaktach; przestrzegać reguł i procedur obowiązujących w środowisku pracy.
- **Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi):** nie dotyczy (wymagania kluczowe traktowane jako jednorodne).

Treści nauczania

- **Komunikacja interpersonalna w środowisku pracy:** Zasady skutecznej komunikacji: Komunikacja werbalna i niewerbalna; aktywne słuchanie; bariery komunikacyjne w pracy (szum informacyjny, emocje, uprzedzenia) i sposoby ich przełamywania. Przekazywanie informacji o zagrożeniach: Prawidłowe i precyzyjne zgłaszanie zauważonych usterek, awarii oraz wypadków przełożonym i współpracownikom; kultura raportowania „bliskich trafień” (zdarzeń potencjalnie wypadkowych). Asertywność w BHP: Umiejętność asertywnego odmówienia wykonania pracy w sytuacji, gdy stanowisko nie spełnia warunków BHP lub stwarza bezpośrednie zagrożenie dla życia i zdrowia (zgodnie z art. 210 Kodeksu pracy).
- **Praca w zespole i budowanie relacji:** Role w grupie i współpraca: Podział zadań i odpowiedzialności w zespole pracowniczym; współdziałanie na rzecz wspólnego bezpieczeństwa (zasada: „odpowiadam za bezpieczeństwo swoje i moich kolegów”). Konflikty w miejscu pracy: Źródła konfliktów na tle zawodowym; konstruktywne metody rozwiązywania sporów (negocjacje, kompromis, mediacje); wpływ konfliktów i złej atmosfery na spadek koncentracji i wzrost liczby wypadków. Przeciwdziałanie patologiom społecznym: Pojęcie i przejawy mobbingu, dyskryminacji oraz molestowania w pracy; konsekwencje psychologiczne dla pracownika; procedury antymobbingowe.
- **Radzenie sobie ze stresem i obciążeniem psychicznym:** Stres jako czynnik środowiska pracy: Definicja stresu zawodowego; czynniki stresogenne (presja czasu, nadmierna odpowiedzialność, monotonia, hałas); zjawisko wypalenia zawodowego. Wpływ stresu na bezpieczeństwo: Jak stres i zmęczenie wpływają na czas reakcji, podejmowanie błędnych decyzji oraz ignorowanie procedur bezpieczeństwa. Techniki radzenia sobie ze stresem: Przegląd metod radzenia sobie z napięciem psychicznym; dbanie o work-life balance (równowagę między pracą a życiem prywatnym); ergonomia odpoczynku i organizacji przerw.
- **Rozwój osobisty, etyka i kultura bezpieczeństwa:** Autoprezentacja i etyka zawodowa: Budowanie profesjonalnego wizerunku; odpowiedzialność moralna i prawna za powierzone mienie oraz zdrowie innych pracowników. Kultura bezpieczeństwa (Safety Culture): Kształtowanie nawyków bezpiecznego wykonywania pracy; eliminowanie postaw brawury, lekceważenia przepisów i tzw. „rutyny zawodowej”. Planowanie rozwoju i adaptacja: Umiejętność adaptacji do zmian w środowisku pracy (nowe technologie, nowe procedury BHP); potrzeba stałego aktualizowania wiedzy z zakresu bezpieczeństwa (całociągowe uczenie się – lifelong learning).

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Dopuszczający (2):** Uczeń przy pomocy nauczyciela potrafi wymienić podstawowe cechy dobrego pracownika, zna numery telefonów do zgłaszania nieprawidłowości i wie, że w pracy należy odnosić się do innych z szacunkiem. Zna i stosuje podstawowe zwroty grzecznościowe w pracowni.
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie potrafi zdefiniować pojęcie mobbingu i stresu. Wie, jak poprawnie i kulturalnie zgłosić przełożonemu usterkę na stanowisku pracy. Rozumie, na czym polega praca zespołowa. Przestrzega regulaminu pracowni i instrukcji stanowiskowych.
- **Dobry (4):** Uczeń potrafi wskazać przyczyny konfliktów w grupie i podać przykłady asertywnej odmowy wykonania niebezpiecznego polecenia. Analizuje, jak zmęczenie i stres wpływają na ryzyko popełnienia błędu podczas pracy. Komunikuje się w sposób jasny, profesjonalny i bezkonfliktowy z zespołem roboczym.
- **Bardzo dobry (5):** Uczeń potrafi zaproponować konkretne rozwiązania redukujące stres na danym stanowisku pracy. Wzorowo komunikuje się w grupie, potrafi merytorycznie argumentować swoje racje i skutecznie rozwiązać zasymulowany konflikt rówieśniczy/pracowniczy. Prezentuje wzorową postawę etyczną, samodzielnie koordynuje przepływ informacji w zespole oraz przestrzega wszelkich procedur bez upomnień.

- **Celujący (6):** Uczeń wykazuje cechy lidera – podczas pracy projektowej potrafi zarządzać zespołem, organizować pracę zgodnie z zasadami etyki i BHP, a także samodzielnie opracować mini-kampanię społeczną propagującą kulturę bezpieczeństwa w szkole lub zakładzie pracy.

Dział 3: Ochrona przeciwpożarowa i pierwsza pomoc

- **Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi):** Uczeń potrafi wykonać proste, ratujące życie czynności w sposób bezpieczny dla siebie: Łańcuch przeżycia: Zna i potrafi prawidłowo wezwać służby ratunkowe (numery 112, 999), podając kluczowe informacje (co, gdzie, kto, ile osób). Bezpieczeństwo na miejscu zdarzenia: Potrafi ocenić sytuację i zadbać o bezpieczeństwo własne (np. założenie rękawiczek jednorazowych, ocena zagrożeń). Resuscytacja (RKO): Zna i potrafi zademonstrować na fantomie algorytm RKO u osoby dorosłej (30 uciśnięć : 2 wdechy). Pozycja boczna bezpieczna: Potrafi prawidłowo ułożyć osobę nieprzytomną, ale oddychającą. Urazy i krwotoki: Potrafi założyć prosty opatrunek osłaniający oraz uciskowy przy widocznym krwawieniu. Apteczka: Zna podstawowe wyposażenie apteczki zakładowej (standard DIN) i wie, czego w niej nie wolno umieszczać (np. leków, płynów odciekających).
- **Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi):** Uczeń wykazuje się samodzielnością, opanowaniem i potrafi radzić sobie w sytuacjach nietypowych: Użycie defibrylatora AED: Potrafi bezbłędnie zintegrować obsługę AED z algorytmem RKO oraz wskazać miejsca, gdzie takie urządzenia się znajdują. Stany nagłe i wypadki szczególne: Zna zasady postępowania przy porażeniu prądem elektrycznym, oparzeniach chemicznych i termicznych, zakrztuszeniach, napadach drgawek (padaczka) czy podejrzeniu urazu kręgosłupa. Zarządzanie kryzysowe: Potrafi skoordynować działania świadków zdarzenia (np. wyznaczyć osobę do czekania na karetkę, rozdzielić zadania w grupie). Aspekt prawny: Rozumie pojęcie obowiązku udzielenia pierwszej pomocy w świetle polskiego prawa (art. 162 Kodeksu karnego) oraz instytucję "dobrego Samarytanina".

Treści nauczania

- **Środki ochrony indywidualnej i zbiorowej:** Środki ochrony indywidualnej (SOW: odzież antyelektrostatyczna, okulary ochronne, rękawice elektroizolacyjne, obuwie BHP klasy S3, ochronniki słuchu) oraz zbiorowej (SOZ: odciągi stanowiskowe, osłony stref roboczych, kurtyny bezpieczeństwa).
- **Pierwsza pomoc przedmedyczna:** Łańcuch przeżycia, RKO (resuscytacja krążeniowo-oddechowa) z użyciem AED; postępowanie przy porażeniu prądem elektrycznym (odłączenie od źródła, resuscytacja); pierwsza pomoc przy oparzeniach termicznych, chemicznych oraz urazach mechanicznych i zmiążdżeniach.
- **Ochrona przeciwpożarowa (PPOŻ):** Grupy pożarów (A, B, C, D, E, F); zasady doboru gaśnic w pracowniach elektrycznych i mechatronicznych (gaśnice proszkowe, śniegowe CO₂); procedura ewakuacji.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Stwarza zagrożenie na zajęciach; nie zna numerów alarmowych ani podstawowych zasad pierwszej pomocy.
- **Dopuszczający (2):** uczeń przy pomocy nauczyciela potrafi wykonać najprostsze czynności, które decydują o zdrowiu i życiu. Unika działań bezpośrednio szkodliwych. Zna numery alarmowe; wymienia podstawowe środki ochrony indywidualnej i grupy pożarów z pomocą nauczyciela. uczeń przy pomocy nauczyciela potrafi wykonać najprostsze czynności, które decydują o zdrowiu i życiu. Unika działań bezpośrednio szkodliwych. Pierwsza pomoc: Zna i potrafi wskazać numery alarmowe (112, 999). Rozróżnia stan osoby przytomnej i nieprzytomnej. Wie, że należy założyć rękawiczki ochronne przed podejściem do poszkodowanego. Ochrona PPOŻ: Zna numer do Straży Pożarnej (998). Potrafi wskazać w klasie/szkole najbliższą gaśnicę oraz drogę ewakuacyjną.

Wie, że nie wolno gasić urządzeń elektrycznych wodą. Działanie w praktyce: Potrafi podporządkować się poleceniom nauczyciela lub służb ratunkowych podczas próbnej ewakuacji.

- **Dostateczny (3):** uczeń samodzielnie wykonuje typowe, proste zadania w znanych sytuacjach. Posiada minimum wiedzy niezbędnej do bezpiecznego funkcjonowania w zakładzie pracy. Pierwsza pomoc: Samodzielnie i prawidłowo wzywa służby ratunkowe (podaje co, gdzie, kiedy i kto zgłasza). Potrafi bezbłędnie zademonstrować na fantomie algorytm RKO u dorosłego (30 uciśnień : 2 wdechy). Potrafi ułożyć nieprzytomnego w pozycji bocznej bezpiecznej oraz założyć prosty opatrunek uciskowy na krwawiącą ranę. Zna podstawowy skład apteczki (norma DIN). Ochrona PPOŻ: Zna i wyjaśnia składniki „trójkąta pożaru”. Rozróżnia podstawowe grupy pożarów (A – ciała stałe, B – ciecze, C – gazy). Potrafi wymienić rodzaje gaśnic i opisać instrukcję ich uruchomienia (zerwanie plomby, wyciągnięcie zawlecзки, naciśnięcie dźwigni). Poprawnie odczytuje podstawowe znaki ewakuacyjne i PPOŻ. Działanie w praktyce: Wie, jak zachować się w przypadku zauważenia ognia (zaalarmować otoczenie, podjąć próbę gaszenia w zarzewiu lub opuścić budynek). Opisuje procedurę RKO i użycia AED; poprawnie dobiera typ gaśnicy do pożarów urządzeń elektrycznych (CO₂, proszkowe).
- **Dobry (4):** Prawidłowo demonstruje algorytm pierwszej pomocy przy porażeniu prądem, oparzeniach i zmiążdżeniach; zna procedurę ewakuacji. uczeń poprawnie posługuje się terminologią, wykazuje się samodzielnością i potrafi zastosować wiedzę w bardziej złożonych sytuacjach. Pierwsza pomoc: Bez błędu integruje użycie defibrylatora AED z procedurą RKO (wie, kiedy włączyć urządzenie i jak nakleić elektrody). Zna zasady pomocy przy oparzeniach termicznych (schładzanie wodą), zakrzuszeniach (uderzenia w okolice międzyłopatkowe, rękoczyn Heimlicha) oraz przy złamaniach (unieruchomienie dwóch sąsiednich stawów). Ochrona PPOŻ: Potrafi właściwie dobrać rodzaj gaśnicy (proszkowa, śniegowa, wodna) do konkretnego zagrożenia na danym stanowisku pracy. Rozróżnia pożary grupy D (metale) i F (tłuszcze). Wie, jak działa Ręczny Ostrzegacz Pożarowy (ROP) i potrafi opisać zasady bezpiecznego poruszania się w zadymionym pomieszczeniu (przy ziemi, osłona dróg oddechowych). Działanie w praktyce: Potrafi poprawnie skompletować apteczkę pierwszej pomocy dla konkretnego działu w firmie i uzasadnić usunięcie z niej leków.
- **Bardzo dobry (5):** Sprawnie kieruje akcją pierwszej pomocy na symulowanym zdarzeniu; dobiera i opisuje parametry środków ochrony zbiorowej (kurtyny, odciągi). uczeń potrafi analizować, porównywać i samodzielnie rozwiązywać nietypowe problemy. Wykazuje się pełnym opanowaniem materiału i logicznym myśleniem. Pierwsza pomoc: Zna specyfikę udzielania pomocy w wypadkach szczególnych (porażenie prądem, oparzenia chemiczne, atak padaczki, podejrzenie urazu kręgosłupa). Rozumie prawne aspekty udzielania pomocy w Polsce (art. 162 Kodeksu karnego – odpowiedzialność za nieudzielenie pomocy) oraz pojęcie „Dobrego Samarytanina”. Ochrona PPOŻ: Charakteryzuje zaawansowane systemy PPOŻ w budynkach (System Sygnalizacji Pożarowej – SSP, klapy oddymiające, drzwi pożarowe, instalacje tryskaczowe). Definiuje pojęcie strefy pożarowej i gęstości obciążenia ogniowego. Wie, czym jest Instrukcja Bezpieczeństwa Pożarowego (IBP) i kiedy zakład pracy musi ją posiadać. Działanie w praktyce: Potrafi przeprowadzić symulowaną ocenę zagrożenia pożarowego na wybranym stanowisku pracy i zaproponować środki zaradcze.
- **Celujący (6):** Prowadzi instruktaż z pierwszej pomocy oraz procedur przeciwpożarowych dla grupy; posiada aktualne certyfikaty ratownicze. uczeń wykazuje się wiedzą wykraczającą poza program, potrafi zarządzać sytuacją kryzysową, wykazuje cechy lidera i twórczo rozwiązuje skomplikowane problemy. Pierwsza pomoc: W warunkach symulacji wypadku masowego potrafi skoordynować akcję ratunkową przed przybyciem służb (rozdziela zadania wśród świadków, wyznacza osobę do nawigowania karetki, panuje nad chaosem). Posiada wiedzę z zakresu podstawowego segregowania. Ochrona PPOŻ: Zna i analizuje zaawansowane zagrożenia związane z powstawaniem atmosfer wybuchowych (dyrektywa ATEX) oraz zagrożenia pyłowe (np. wybuch pyłu węglowego, mąki czy drewna). Rozumie mechanizmy rozprzestrzeniania się toksycznych produktów spalania (np. tlenku węgla).

Działanie w praktyce: Samodzielnie opracowuje bezbłędny scenariusz ewakuacji lub miniprzewodnik bezpieczeństwa dla skomplikowanego stanowiska pracy (np. laboratorium chemicznego lub serwerowni), wykazując się wyjątkową kulturą bezpieczeństwa.

PRZEDMIOT 2: PODSTAWY MIERNICTWA

Dział 1: Podstawy metrologii i teoria błędów

Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi): Obejmują kluczowe pojęcia, znajomość jednostek oraz podstawowe obliczenia matematyczne niezbędne do poprawnego odczytywania i zapisywania wyników pomiarów. Pojęcia metrologiczne: Uczeń definiuje podstawowe terminy: pomiar, wielkość mierzona, wartość rzeczywista, wartość poprawna, metoda pomiarowa (bezpośrednia i pośrednia). Jednostki miar: Prawidłowo posługuje się jednostkami miar układu SI dla wielkości elektrycznych (U, I, R, P, f) oraz mechatronicznych/fizycznych (p) – ciśnienie, (T) – temperatura, (s) – droga/przesunięcie, (M) – moment obrotowy. Prawidłowo stosuje przedrostki krotności i podwielokrotności (mili, mikro, kilo, mega itp.). Odczyt z przyrządów: Poprawnie odczytuje wskazania z przyrządów cyfrowych oraz tarczy przyrządów analogowych. Oblicza wartość jednej działki (stałą przyrządu (C) dla wybranego zakresu pomiarowego. Identyfikacja symboli: Rozpoznaje podstawowe symbole metrologiczne umieszczone na obudowach i tarczach mierników (klasa dokładności, pozycja pracy przyrządu, rodzaj prądu AC/DC, napięcie probiercze izolacji). Podstawy teorii błędów: Wyjaśnia różnicę między błędem bezwzględnym a błędem względnym. Na podstawie podanych, bezpośrednich wzorów oblicza błąd bezwzględny ($\Delta X = X_m - X_r$) oraz błąd względny ($\delta = \{\Delta X / X_r\} 100\%$) dla konkretnego pomiaru. Dokumentowanie: Przepisuje uzyskane z miernika wartości i poprawnie uzupełnia przygotowane przez nauczyciela tabelę pomiarowe.

Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi): Obejmują umiejętności zaawansowane, związane z krytyczną analizą dokładności aparatury, szacowaniem niepewności pomiarowych oraz samodzielnym wyciąganiem wniosków na podstawie norm i dokumentacji technicznej. Klasyfikacja i źródła błędów: Uczeń klasyfikuje błędy ze względu na charakter ich występowania (systematyczne, przypadkowe, nadmierne/grube) i wskazuje ich potencjalne źródła w układzie mechatronicznym (błąd człowieka, błąd przyrządu, wpływ środowiska). Błąd graniczny i klasa dokładności: Samodzielnie oblicza maksymalny błąd graniczny dopuszczalny przyrządu analogowego na podstawie jego klasy dokładności i ustawionego zakresu. Optymalizacja pomiaru: Uzasadnia matematycznie, dlaczego podczas pomiarów miernikiem analogowym należy dobierać zakres tak, aby wskazówka wychylała się w końcowej części podziałki (wykazuje zależność błędu względnego od stopnia wychylenia wskazówki). Dokładność mierników cyfrowych: Oblicza błąd graniczny miernika cyfrowego na podstawie zapisu w jego instrukcji obsługi. Teoria niepewności pomiaru: Wyjaśnia różnicę między błędem a niepewnością pomiaru. Zna pojęcie niepewności standardowej typu A (metoda statystyczna z serii pomiarów) oraz typu B (na podstawie danych producenta i dokładności przyrządu). Zapis i interpretacja wyników: Dokonuje poprawnego zaokrąglenia i zapisuje końcowy wynik pomiaru wraz z jego niepewnością rozszerzoną zgodnie z obowiązującymi regułami metrologicznymi. Opracowanie danych i wnioskowanie: Samodzielnie projektuje strukturę tabel pomiarowych z uwzględnieniem kolumn na obliczenia błędów/niepewności. Na podstawie zebranych danych samodzielnie sporządza wykresy charakterystyk metrologicznych (np. błędu w funkcji wartości mierzonej) i formułuje poprawne wnioski dotyczące przydatności danego przyrządu do wymaganych tolerancji montażowych maszyny mechatronicznej.

Treści nauczania

- Jednostki miar i spójność pomiarowa: System miar SI (jednostki podstawowe i pochodne); przedrostki; wzorcowanie (kalibracja) przyrządów pomiarowych; pojęcie spójności pomiarowej.
- Błędy i niepewność pomiarowa:
- Błędy bezwzględne ($\Delta x = x\{pom\} - x\{rz\}$) oraz względne ($\delta x = \{\Delta x / x\{rz\}\} 100\%$);
- klasyfikacja błędów (systematyczne, przypadkowe, nadmierne);
- wyznaczanie klasy dokładności przyrządu pomiarowego;
- szacowanie niepewności pomiarowej metodą typu A i typu B.
- Pojęcie wartości wielkości mierzonej.
- Rodzaje i charakterystyka pomiarów.
- Przyczyny powstawania błędów pomiarowych.
- Schemat łańcucha ogniw biorących udział w procesie pomiarowym.
- Charakterystyka błędów systematycznych, przypadkowych, nadmiernych.

- Błąd bezwzględny definicyjny. Charakterystyka, własności na podziałce liniowej i nieliniowej.
- Błąd względny definicyjny. Charakterystyka, własności na podziałce liniowej i nieliniowej.
- Klasa dokładności. Charakterystyka, własności, rodzaje, oznaczenia;
- Błąd względny i bezwzględny pomiaru danym przyrządem pomiarowym.
- Stała miernika. Czułość miernika. Rodzaje, charakterystyka, symbole, budowa, zastosowanie przyrządów pomiarowych.
- Obliczanie uchybów systematycznych w pomiarach bezpośrednich.
- Obliczanie uchybów systematycznych w pomiarach pośrednich metodą dokładną;
- Obliczanie uchybów systematycznych w pomiarach pośrednich metodą mniej dokładną;
- Obliczanie uchybów przypadkowych;
- Parametry statystyczne rozkładu Gaussa; Zadania.
- Obliczanie błędów pomiarów wartości wielkości mierzonej.
- Mierniki cyfrowe.
- Przetwarzanie A/C. Parametry charakterystyka, własności;
- Błąd dyskretyzacji;
- Obliczanie błędów w pomiarach przyrządami cyfrowymi.
- Błąd względny i bezwzględny z uwzględnieniem składowej analogowej i cyfrowej.
- Błąd wartości mierzonej i zakresowej; Błąd rdg, dgts.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie odróżnia podstawowych jednostek SI; nie potrafi obliczyć prostej różnicy wartości.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń potrafi odtworzyć podstawowe pojęcia i wykonać najprostsze operacje przy stałej pomocy nauczyciela: Wymienia podstawowe jednostki SI; oblicza błąd bezwzględny wg podanego wzoru przy pomocy nauczyciela. Wymienić jednostki podstawowych układu SI oraz przypisane im wielkości fizyczne. Rozpoznać podstawowe przedrostki dziesiętne (kilo-, mega-, mili-, mikro-). Podać definicję błędu bezwzględnego i względnego oraz zapisać ich podstawowe wzory. Rozróżnić pomiar bezpośredni od pośredniego na prostych przykładach. Wskazać na schemacie główny kierunek przepływu informacji w łańcuchu pomiarowym. Odczytać wartość z podziałki liniowej miernika analogowego przy podanej stałej przyrządu.
- **Dostateczny (3):** Uczeń rozumie podstawowe zależności metrologiczne i potrafi samodzielnie stosować je do typowych zadań: Oblicza błąd bezwzględny i względny; wyjaśnia pojęcia klasy dokładności oraz spójności pomiarowej. Wyjaśnić pojęcia wzorcowania (kalibracji) oraz spójności pomiarowej. Sklasyfikować błędy na systematyczne, przypadkowe i nadmierne oraz podać ich główne przyczyny. Wyjaśnić, czym jest klasa dokładności przyrządu i odczytać jej symbol z tarczy miernika. Obliczyć błąd bezwzględny przyrządu analogowego na podstawie jego klasy i zakresu pomiarowego. Wyznaczyć wartość średnią arytmetyczną z krótkiej serii pomiarowej. Podać definicję błędu dyskretyzacji w miernikach cyfrowych i określić wagę najmniej znaczącej cyfry (digit).
- **Dobry (4):** Uczeń potrafi analizować proces pomiarowy, właściwie dobierać metody i poprawnie obliczać błędy złożone: Różnicuje błędy systematyczne i przypadkowe; szacuje niepewność pomiarową metodą typu A lub B dla prostych pomiarów. Uzasadnić, dlaczego pomiary miernikiem analogowym należy przeprowadzać w ostatniej 1/3 części skali (wskazać zachowanie błędu względnego). Porównać właściwości podziałki liniowej i nieliniowej w kontekście dokładności odczytu. Obliczyć błędy systematyczne w pomiarach pośrednich za pomocą metody logarytmicznej (dla wzorów iloczynowych/ilorazowych). Obliczyć błąd bezwzględny i względny pomiaru miernikiem cyfrowym przy użyciu dwuskładnikowej specyfikacji producenta ($\text{rdg} + \text{digits}$). Wyznaczyć odchylenie standardowe pojedynczego pomiaru oraz odchylenie standardowe średniej dla serii danych. Rozróżnić i scharakteryzować szacowanie niepewności metodą typu A oraz metodą typu B.

- **Bardzo dobry (5):** Uczeń w pełni samodzielnie i biegle posługuje się aparatem matematycznym i statystycznym w metrologii: Wyznacza niepewność złożoną pomiaru; przeprowadza wzorcowanie/kalibrację prostej toru pomiarowego. Obliczyć uchyby systematyczne w pomiarach pośrednich metodą dokładną (różniczkową) z wykorzystaniem pochodnych cząstkowych. Powiązać parametry rozkładu Gaussa z prawdopodobieństwem wystąpienia błędów przypadkowych (w tym zastosować praktycznie regułę trzech sigm). Wykonać pełną procedurę wyznaczania niepewności pomiarowej: obliczyć niepewności składowe $\{A\}$ i $\{B\}$, wyznaczyć niepewność złożoną oraz niepewność rozszerzoną (U dla zadanego współczynnika rozszerzenia k). Zgłosić końcowy wynik pomiaru w prawidłowym formacie z właściwym zaokrągleniem niepewności. Opisać techniczne aspekty przetwarzania analogowo-cyfrowego (A/C) oraz mechanizm powstawania błędu kwantowania.
- **Celujący (6):** Uczeń wykazuje się wiedzą wykraczającą poza standardowy program, potrafi twórczo rozwiązywać nietypowe problemy: Opracowuje autorski arkusz kalkulacyjny lub algorytm do automatycznej analizy statystycznej niepewności pomiarowej. Zaprojektować kompletny algorytm obróbki danych pomiarowych obciążonych jednocześnie błędami systematycznymi (wymagającymi poprawek) oraz przypadkowymi. Dokonać krytycznej analizy i identyfikacji źródeł błędów w złożonych układach pomiarowych (np. wpływ rezystancji wewnętrznej mierników na wynik pomiaru). Zastosować zaawansowane testy statystyczne do wykrywania i eliminacji błędów nadmiernych (grubych) w seriach pomiarowych.

Dział 2: Pomiary wielkości elektrycznych, geometrycznych i mechanicznych

Wymagania podstawowe:

- Obejmują kluczowe wiadomości oraz proste, powtarzalne umiejętności praktyczne, niezbędne do wykonywania podstawowych pomiarów warsztatowych i montażowych w mechatronice przy użyciu standardowych przyrządów. Pomiary elektryczne: Bezpiecznie i poprawnie włącza woltomierz (równolegle) oraz amperomierz (szeregowo) do mierzonego obwodu. Mierzy rezystancję podzespołów (np. rezystorów, cewek przekładników, uzwojeń) metodą bezpośrednią za pomocą multimetru cyfrowego przy odłączonym zasilaniu. Wykonuje pomiar napięcia stałego (np. zasilacze sterowania 24V DC) oraz napięcia przemiennego (np. sieciowe 230V AC). Prawidłowo konfiguruje gniazda i wybiera zakresy pomiarowe w multimetrze. Pomiary geometryczne i mechaniczne: Prawidłowo odczytuje wskazania z przyrządów suwmiarkowych (suwmiarka uniwersalna z noniuszem o dokładności 0,05 mm lub 0,02 mm). Wykonuje podstawowe pomiary geometryczne części maszyn: wymiary zewnętrzne, wewnętrzne (np. średnica otworu) oraz głębokość podtoczeń. Mierzy podstawowe wielkości mechaniczne, takie jak masa oraz ciśnienie w układach pneumatycznych (odczyt z manometru). Zna i stosuje właściwe jednostki miar (wolt, amper, om, milimetr, bar, paskal, kilogram). Procedury i BHP: Ściśle przestrzega przepisów BHP podczas prac z elementami mechanicznymi (ostre krawędzie, ruchome części) oraz elektrycznymi pod napięciem. Zapisuje bezpośrednio uzyskane wyniki w przygotowanych przez nauczyciela tabelach pomiarowych.

Wymagania ponadpodstawowe:

- Obejmują zaawansowane umiejętności samodzielnego doboru metod i aparatury pomiarowej, analizę geometrii precyzyjnej, interpretację sygnałów dynamicznych oraz wyciąganie zaawansowanych wniosków diagnostycznych na podstawie dokumentacji technicznej (DTR). Pomiary elektryczne: Realizuje pomiary rezystancji metodą techniczną (świadomie dobiera układ poprawnie mierzonych napięć lub prądów w zależności od wielkości mierzonego oporu). Wyjaśnia zjawisko wpływu rezystancji wewnętrznej mierników na rzeczywisty stan pracy układu (błąd metody). Uzasadnia konieczność stosowania mierników z funkcją True RMS przy pomiarach prądów i napięć odkształconych (np. za falownikami częstotliwości w napędach mechatronicznych). Mierzy moc czynną i bierną w układach jedno- i trójfazowych (np. metoda dwóch watomierzy). Pomiary geometryczne i mechaniczne:

Prawidłowo posługuje się i odczytuje wskazania z przyrządów mikrometrycznych (mikrometr zewnętrzny) oraz czujników zegarowych (np. pomiar bicia promieniowego wału silnika). Wykonuje precyzyjne pomiary geometryczne z uwzględnieniem tolerancji i pasowań (określa, czy zmierzony element mieści się w granicach tolerancji wykonawczej z rysunku technicznego). Wykonuje pomiary momentu obrotowego (np. kluczem dynamometrycznym przy montażu połączeń gwintowych urządzeń mechatronicznych). Mierzy i analizuje parametry dynamiczne, takie jak prędkość obrotowa wału silnika (za pomocą obrotomierza optycznego/stykowego). Analiza i wnioskowanie: Samodzielnie dobiera narzędzia pomiarowe (geometryczne i elektryczne) na podstawie wymagań zapisanych w dokumentacji techniczno-ruchowej (DTR) maszyny. Samodzielnie projektuje strukturę raportu lub tabeli pomiarowej, przelicza uzyskane wielkości (np. konwersja jednostek ciśnienia lub wyznaczanie objętości/gęstości), sporządza wykresy charakterystyk i formułuje jednoznaczne wnioski dotyczące stanu technicznego badanego elementu.

Treści nauczania

- **Pomiary elektryczne:**
- Pomiar natężenia prądu. Własności, charakterystyka.
- Poszerzenie zakresu pomiarowego amperomierzy; Rezystancja bocznika i rezystora kompensacji temperaturowej;
- Amperomierz uniwersalny w układzie Ayrtona;
- Pomiar napięcia. Własności, charakterystyka. Poszerzenie zakresu pomiarowego woltomierzy. Układ pomiarowy; Rezystancja posobnika;
- Omomierz szeregowy. Błąd pomiaru, podziałka, wychylenie, korekcja zera omomierza;
- Omomierz równoległy. Błąd pomiaru, podziałka, wychylenie, korekcja zera omomierza;
- Symbole przyrządów pomiarowych;
- Miernik magnetoelektryczny. Budowa, własności, działanie, zastosowanie;
- Miernik magnetoelektryczny w obwodzie prądu stałego i zmiennego. Współczynnik kształtu;
- Pomiar napięć różnych od sinusoidy miernikiem magnetoelektrycznym. Błąd pomiaru;
- Miernik elektromagnetyczny, elektrodynamiczny, ferrodynamiczny. Budowa, zastosowanie;
- Wartość skuteczna, średnia, maksymalna przebiegu sinusoidalnego, prostokątnego; trójkątnego, wyprostowanego jednopółkрово i caofalowo. Współczynnik kształtu różnych przebiegów;
- Transformator. Zastosowanie, parametry, przekładnia transformatorowa: napięciowa, prądowa, zwojowa, impedancyjna. Stan dopasowania impedancyjnego. Schemat zastępczy transformatora; Symetryzator impedancji;
- Przekładnik napięciowy. Własności, zastosowanie, charakterystyka, oznaczenia, błędy pomiaru;
- Przekładnik prądowy. Własności, zastosowanie, charakterystyka, oznaczenia, błędy pomiaru; Pomiar mocy za pomocą przekładnika prądowego i napięciowego;
- Oscyloskop. Działo elektronowe; Regulacja jaskrawości, ostrości; Odchylenie plamki w polu elektrycznym; Powstawanie obrazu na ekranie oscyloskopu; Płyta czołowa oscyloskopu; Pomiary napięcia i częstotliwości metodą oscyloskopową.
- **Pomiary długości i kąta:** Budowa i zasada odczytu suwmiarki (z noniusem, czujnikowej, cyfrowej), mikrometru (śruby mikrometrycznej), średnicówki, kątomierza uniwersalnego oraz płytkowych wzorców długości.
- **Pomiar odchylek kształtu i położenia:** Zastosowanie czujników zegarowych, do pomiaru bicia promieniowego, bicia osiowego, płaskorównoległości i prostoliniowości.

- **Pomiary chropowatości i twardości:** Metody pomiaru twardości metali (Brinella, Rockwella, Vickersa); oznaczanie i ocena parametrów struktury geometrycznej powierzchni (chropowatość Ra, Rz) przy użyciu profilometrów.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie potrafi poprawnie odczytać wartości z suwmiarki; niszczy narzędzia pomiarowe.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń potrafi z pomocą nauczyciela wykonać proste, powtarzalne czynności pomiarowe. Popołnia błędy, ale zna elementarne pojęcia i podstawowe przyrządy. Metrologia i błędy: Definiuje, czym jest pomiar. Zna i przyporządkowuje podstawowe jednostki miar układu SI do mierzonych wielkości. Rozróżnia pojęcie błędu bezwzględnego od względnego. Pomiary elektryczne: Wskazuje w multimetrze funkcje woltomierza, amperomierza i omomierza. Wie, że woltomierz podłącza się równolegle, a amperomierz szeregowo. Mierzy napięcie baterii lub zasilacza 24V DC oraz rezystancję odłączonego rezystora. Pomiary geometryczne i mechaniczne: Potrafi odczytać pełne milimetry z podziałki głównej suwmiarki. Odczytuje wartość ciśnienia z manometru w układzie pneumatycznym. BHP i dokumentacja: Przestrzega podstawowych zasad bezpiecznej pracy przy urządzeniach elektrycznych i mechanicznych. Przepisuje wskazania miernika do gotowej tabeli. Odczytuje wymiar z suwmiarki cyfrowej i analogowej z dokładnością do 0,1{ mm} (z pomocą).
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie wykonuje typowe i proste zadania pomiarowe według dokładnej instrukcji. Poprawnie posługuje się podstawową aparaturą. Metrologia i błędy: Prawidłowo stosuje przedrostki jednostek (mili, mikro, kilo, mega). Rozpoznaje symbole na tarczy miernika (rodzaj prądu, klasa dokładności). Samodzielnie oblicza błąd bezwzględny i względny, korzystając z podanych wzorów. Pomiary elektryczne: Samodzielnie konfiguruje gniazda przewodów i zakresy w multimetrze cyfrowym. Mierzy rezystancję cewek przekładników i grzałek. Wykonuje bezpieczny pomiar napięcia sieciowego 230V AC. Pomiary geometryczne i mechaniczne: Samodzielnie i poprawnie mierzy suwmiarką (z noniusem 0,05 mm lub 0,02 mm) wymiary zewnętrzne, wewnętrzne oraz głębokość części maszyn. Mierzy masę elementów. BHP i dokumentacja: Potrafi sprawdzić ciągłość przewodu ochronnego (PE). Samodzielnie i czytelnie uzupełnia całą tabelę pomiarową na podstawie wykonanego ćwiczenia. Samodzielnie wykonuje pomiary suwmiarką i mikrometrem; odczytuje wskazania czujnika zegarowego.
- **Dobry (4):** Uczeń dobrze opanował materiał. Samodzielnie analizuje schematy, dobiera zakresy, oblicza dokładność przyrządów i sprawnie posługuje się przyrządami precyzyjnymi. Metrologia i błędy: Klasyfikuje błędy na systematyczne, przypadkowe i grube oraz wskazuje ich przyczyny. Samodzielnie oblicza błąd graniczny dopuszczalny przyrządu analogowego na podstawie jego klasy i wybranego zakresu elektryczne: Realizuje pomiary rezystancji metodą techniczną (poprawnie dobiera układ woltomierza lub amperomierza w zależności od tego, czy opór jest mały, czy duży). Rozumie pojęcie wartości skutecznej True RMS i stosuje ją przy sygnałach odkształconych. Pomiary geometryczne i mechaniczne: Prawidłowo posługuje się mikrometrem zewnętrznym oraz czujnikiem zegarowym (np. do sprawdzenia bicia wału silnika). Odnosi wyniki pomiarów do rysunku technicznego, uwzględniając tolerancje i pasowania. BHP i dokumentacja: Wykonuje pomiary prędkości obrotowej silnika obrotomierzem. Samodzielnie rysuje proste wykresy charakterystyk na podstawie uzyskanych danych (np. zależność prądu od napięcia). Wykonuje pomiary kątomierzem uniwersalnym, średnicówką i płytkami wzorcowymi; dobiera metodę pomiaru chropowatości (Ra, Rz).
- **Bardzo dobry (5):** Uczeń wykazuje pełne i usystematyzowane przygotowanie. Pracuje całkowicie samodzielnie, potrafi ocenić niepewność pomiaru, dobrać zaawansowane metody pomiarowe oraz interpretować wyniki z dokumentacji (DTR). Metrologia i błędy: Wyjaśnia różnicę między błędem a niepewnością pomiaru. Zna podstawy szacowania niepewności standardowej typu A oraz typu B. Dokonuje poprawnego zaokrąglenia i zapisuje wynik końcowy zgodnie z regułami metrologicznymi. Pomiary elektryczne: Wyjaśnia matematycznie wpływ

rezystancji wewnętrznej mierników (R_v , R_a) na błąd metody.

Łączy układy i mierzy moc czynną/bierną w układach trójfazowych (np. metodą Arona). Potrafi wyliczyć parametry boczników i posobników. Pomiary geometryczne i mechaniczne: Wykonuje precyzyjne pomiary skomplikowanych uszczelnień, luzów łożyskowych czy kół zębatych.

Dobiera i kalibruje przyrządy na podstawie wymagań z Dokumentacji Techniczno-Ruchowej (DTR) maszyny mechatronicznej. Mierzy moment obrotowy kluczem dynamometrycznym. BHP i dokumentacja: Samodzielnie projektuje strukturę tabel raportu pomiarowego. Formułuje pełne, wnioski końcowe, oceniając stan techniczny podzespołów i ich zdolność do montażu w systemie mechatronicznym. Prawidłowo bada odchyłki kształtu i położenia (bicie osiowe, promieniowe); dobiera i obsługuje twardościomierze (Brinell, Rockwell).

- **Celujący (6):** Uczeń wykracza poza ramy programu nauczania. Prezentuje logiczne myślenie, łączy wiedzę z różnych dziedzin (IT, mechanika, elektronika) i wykazuje inicjatywę. Samodzielnie programuje komputerowe karty pomiarowe lub konfiguruje zaawansowane przetworniki pomiarowe, integrując je ze sterownikiem PLC za pomocą magistral komunikacyjnych. Przeprowadza kompleksową, wieloaspektową analizę niepewności pomiarowej dla złożonych procesów dynamicznych (np. jednoczesny pomiar drgań, temperatury i poboru prądu silnika pod obciążeniem). Opracowuje autorskie stanowiska badawcze lub instrukcje laboratoryjne, wykazuje wysoki stopień innowacyjności w optymalizacji metod pomiarowych w warsztacie mechatronicznym. Aktywnie pomaga innym uczniom w klasie, pełniąc rolę lidera zespołu pomiarowego (testera/audytora) podczas zaawansowanych prac laboratoryjnych. Wykonuje złożone pomiary metrologiczne.

Dział 3: Metrologia wielkości elektrycznych i nieelektrycznych

Treści nauczania

- **Pomiary napięcia, prądu i rezystancji:** Multimetry cyfrowe i analogowe; rozszerzanie zakresów pomiarowych amperomierzy (szanty) i woltomierzy (posobniki); prawidłowe włączanie przyrządów w obwód; pomiary mocy czynnej, biernej i pozornej (watomierze).
- **Pomiary oscyloskopowe:** Budowa i obsługa oscyloskopów cyfrowych; badanie przebiegów czasowych; pomiar napięcia szczytowego ($V_{\{p\}}$), międzyszczytowego ($V_{\{pp\}}$), skutecznego ($V_{\{rms\}}$), okresu (T), częstotliwości (f); analiza przesunięcia fazowego metodą krzywych Lissajous oraz wskazową.
- **Przetwarzanie i pomiar wielkości nieelektrycznych:** Układy pomiarowe temperatury ($Pt100$, termopary J/K), ciśnienia (elementy piezorezystancyjne), natężenia przepływu; standaryzacja analogowych sygnałów pomiarowych ($0...10\{V\}$, $4...20\{mA\}$).

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie potrafi podłączyć multimetru; stwarza ryzyko zwarcia podczas pomiarów.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń potrafi z pomocą nauczyciela wykonać proste, powtarzalne czynności pomiarowe. Popelnia błędy, ale zna elementarne pojęcia i podstawowe przyrządy. Podstawy i jednostki: Definiuje, czym jest pomiar. Zna i przyporządkowuje podstawowe jednostki miar układu SI do mierzonych wielkości elektrycznych (V , A , ω , W) i nieelektrycznych (mm , bar , C , kg). Rozróżnia pojęcie błędu bezwzględnego od względnego. Wielkości elektryczne: Rozpoznaje na multimetrze funkcje woltomierza, amperomierza i omomierza. Wie, że woltomierz podłącza się równolegle, a amperomierz szeregowo. Mierzy podstawowe napięcia zasilania układów mechatronicznych ($24V$ DC). Wielkości nieelektryczne: Odczytuje pełne milimetry z podziałki suwmiarki. Odczytuje wartość ciśnienia z manometru w układzie pneumatycznym/hydraulicznym oraz temperaturę z prostego wskaźnika. Rozróżnia czujniki zbliżeniowe optyczne, indukcyjne i pojemnościowe. BHP i dokumentacja: Przestrzega elementarnych zasad bezpiecznej pracy przy urządzeniach pod napięciem oraz układach mechanicznych. Przepisuje bezpośrednie wskazania miernika do gotowej tabeli pomiarowej. Mierzy napięcie i rezystancję multimetrem; włącza woltomierz i amperomierz przy pomocy nauczyciela.
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie wykonuje typowe i proste zadania pomiarowe według

instrukcji laboratoryjnej. Poprawnie i bezpiecznie posługuje się standardową aparaturą.

Teoria metrologii: Prawidłowo stosuje przedrostki jednostek (mili, mikro, kilo, mega). Rozpoznaje symbole metrologiczne na obudowach mierników (rodzaj prądu, klasa dokładności). Samodzielnie oblicza błąd bezwzględny i względny na podstawie podanych wzorów. Wielkości elektryczne: Samodzielnie konfiguruje gniazda przewodów i zakresy w multimetrze cyfrowym. Mierzy rezystancję cewek przekładników, elektrozaworów i grzałek. Wykonuje bezpieczny pomiar napięcia sieciowego 230V AC. Mierzy moc czynną odbiornika jednofazowego watomierzem. Wielkości nieelektryczne: Samodzielnie i poprawnie mierzy suwmiarką (z noniusem 0,05 mm lub 0,02 mm) wymiary zewnętrzne, wewnętrzne oraz głębokość części maszyn. Sprawdza stan zadziałania i obecność zasilania cyfrowych czujników zbliżeniowych za pomocą multimetru. Mierzy sygnał wyjściowy ciągły z czujników analogowych napięciowych (0-10V) i prądowych (4-20mA). BHP i dokumentacja: Potrafi sprawdzić ciągłość przewodu ochronnego (PE) urządzenia. Samodzielnie i czytelnie uzupełnia całą kartę pomiarową na podstawie wykonanego ćwiczenia. Wykonuje pomiary prądu, napięcia i mocy czynnej; odczytuje amplitudę i częstotliwość na oscyloskopie cyfrowym.

- **Dobry (4):** Uczeń dobrze opanował materiał. Samodzielnie analizuje schematy pomiarowe, dobiera zakresy, oblicza dokładność przyrządów i sprawnie posługuje się przyrządami precyzyjnymi oraz oscyloskopem. Teoria metrologii: Klasyfikuje błędy na systematyczne, przypadkowe i grube. Samodzielnie oblicza błąd graniczny dopuszczalny przyrządu analogowego na podstawie jego klasy i wybranego zakresu. Wybiera zakres miernika tak, aby wskazówka wychylała się w końcowej części podziałki (minimalizacja błędu). Wielkości elektryczne: Realizuje pomiary rezystancji metodą techniczną (poprawnie dobiera układ woltomierza lub amperomierza w zależności od wartości oporu). Rozumie pojęcie wartości skutecznej True RMS i stosuje ją przy pomiarach sygnałów odkształconych (np. za falownikiem). Wielkości nieelektryczne: Prawidłowo posługuje się mikrometrem zewnętrznym oraz czujnikiem zegarowym (np. do sprawdzenia bicia wału silnika). Odnosi wyniki pomiarów geometrycznych do rysunku technicznego, uwzględniając tolerancje i pasowania. Diagnostyka i poprawnie podłącza dwustanowe czujniki typu PNP oraz NPN. Mierzy prędkość obrotową wału silnika obrotomierzem. Oscyloskop: Uruchamia oscyloskop i wykonuje automatyczną kalibrację (AutoSet). Odczytuje z wykresu napięcie maksymalne ($U_{\{m\}}$), międzyszczytowe ($U_{\{pp\}}$) oraz okres (T) sygnału sterującego. Dokumentacja: Samodzielnie rysuje wykresy charakterystyk na podstawie uzyskanych danych (np. charakterystykę prądowo-napięciową lub charakterystykę przetwarzania czujnika). Dobiera posobniki i szanty; mierzy przesunięcie fazowe oscyloskopem; obsługuje czujniki Pt100 oraz przetworniki ciśnienia.
- **Bardzo dobry (5):** Uczeń wykazuje pełne i usystematyzowane przygotowanie. Pracuje całkowicie samodzielnie, potrafi ocenić niepewność pomiaru, dobrać zaawansowane metody pomiarowe oraz interpretować wyniki z dokumentacji (DTR). Teoria metrologii: Wyjaśnia różnicę między błędem a niepewnością pomiaru. Zna podstawy szacowania niepewności standardowej typu A oraz typu B. Dokonuje poprawnego zaokrąglenia i zapisuje wynik końcowy zgodnie z regułami metrologicznymi. Oblicza błąd graniczny miernika cyfrowego na podstawie zapisu w jego instrukcji obsługi/DTR. Wielkości elektryczne: Wyjaśnia matematycznie wpływ rezystancji wewnętrznej mierników (R_v , R_a) na błąd metody. Łączy układy i mierzy moc w układach trójfazowych (np. metodą dwóch watomierzy Arona dla silników). Potrafi wyliczyć parametry boczników i posobników do rozszerzania zakresów. Wykonuje zaawansowane pomiary eksploatacyjne: pomiar rezystancji izolacji megaomierzem (dobiera napięcie probiercze 500V/1000V DC) oraz impedancji pętli zwarcia (Z). Wielkości nieelektryczne: Wyznacza rzeczywistą charakterystykę przetwarzania czujnika analogowego i porównuje ją z kartą katalogową w celu wykrycia błędów przesunięcia (Offset) lub liniowości. Analizuje sygnały przesunięte w fazie A i B z enkoderów inkrementalnych na oscyloskopie w celu określenia pozycji/kierunku. Mierzy moment obrotowy kluczem dynamometrycznym. Zaawansowana oscyloskopia: Samodzielnie konfiguruje sprzężenie wejścia (AC, DC, GND) oraz parametry wyzwalania (Trigger) w celu ustabilizowania trudnych przebiegów dynamicznych. Mierzy i analizuje parametry sygnałów PWM (współczynnik wypełnienia, częstotliwość) sterujących napędami lub zaworami proporcjonalnymi. Dokumentacja i wnioski:

Samodzielnie projektuje strukturę raportu pomiarowego.

Formułuje pełne, inżynierskie wnioski końcowe, sporządza oficjalny protokół pomiarowy i jednoznacznie ocenia stan techniczny układu mechatronicznego oraz jego zdolność do bezpiecznej eksploatacji. Analizuje skomplikowane przebiegi oscyloskopowe (krzywe Lissajous); standaryzuje sygnały analogowe ($0...10\{V\}$, $4...20\{mA\}$).

- **Celujący (6):** Uczeń wykracza poza ramy programu nauczania. Prezentuje logiczne myślenie, elastycznie łączy wiedzę z różnych dziedzin (mechanika, elektronika, informatyka) i wykazuje dużą inicjatywę. Samodzielnie programuje komputerowe karty pomiarowe (np. w środowisku LabVIEW lub Python) lub konfiguruje zaawansowane inteligentne przetworniki pomiarowe, integrując je ze sterownikiem PLC za pomocą przemysłowych magistral komunikacyjnych (Profinet, IO-Link). Przeprowadza kompleksową, wieloaspektową analizę niepewności pomiarowej dla złożonych procesów dynamicznych (np. jednoczesny pomiar i korelacja drgań, temperatury, ciśnienia oraz poboru prądu silnika pod zmiennym obciążeniem). Opracowuje autorskie stanowiska badawcze, projekty układów kondycjonowania sygnałów z czujników lub pisze instrukcje laboratoryjne optymalizujące metody pomiarowe w warsztacie szkolnym. Aktywnie pomaga innym uczniom w klasie, pełniąc rolę lidera zespołu pomiarowego (głównego metrologa/audytora) podczas zaawansowanych prac laboratoryjnych i projektowych. Projektuje i uruchamia wielokanałowy tor pomiarowy wielkości nieelektrycznych z cyfrową rejestracją danych.

PRZEDMIOT 3: PODSTAWY ELEKTROTECHNIKI I ELEKTRONIKI

Dział 1: Pole elektryczne

- **Wymagania podstawowe:** Obejmują kluczowe pojęcia, podstawowe prawa fizyczne oraz elementarne obliczenia i umiejętności praktyczne, które są niezbędne do zrozumienia działania kondensatorów i izolacji w urządzeniach mechatronicznych. Pojęcia pola elektrycznego: Uczeń definiuje podstawowe pojęcia: ładunek elektryczny, pole elektryczne (w tym pole jednorodne), linie sił pola elektrycznego oraz potencjał elektryczny. Prawo Coulomba i jednostki: Zna i potrafi zapisać Prawo Coulomba. Prawidłowo posługuje się jednostkami miar układu SI związanymi z polem (kulomb, wolt, farad, wolt na metr). Napięcie i natężenie pola: Wyjaśnia zależność między napięciem a różnicą potencjałów. Definiuje natężenie pola elektrycznego (E) i potrafi obliczyć je dla prostego pola jednorodnego ze wzoru $E = U / d$. Pojemność elektryczna i kondensatory: Definiuje pojemność elektryczną ($C = Q / U$). Rozpoznaje podstawowe rodzaje kondensatorów stosowanych w elektronice i mechatronice (ceramiczne, elektrolityczne, foliowe) oraz ich symbole na schematach. Łączenie kondensatorów: Potrafi obliczyć pojemność zastępczą dla prostych układów: szeregowego (dwa kondensatory) oraz równoległego. Dielektryki: Rozróżnia pojęcia przewodnika i dielektryka (izolatora). Wie, co to jest polaryzacja dielektryka oraz zjawisko przebicia elektrycznego. Pomiar: Wykonuje prosty pomiar pojemności kondensatora za pomocą multimetru cyfrowego z funkcją pojemnościomierza (pamięta o konieczności rozładowania kondensatora przed pomiarem).
- **Wymagania ponadpodstawowe:** Obejmują zaawansowane umiejętności matematycznej analizy stanów nieustalonych, interpretacji zjawisk fizycznych w strukturach półprzewodnikowych i sensorowych oraz samodzielnego dobierania komponentów na podstawie dokumentacji technicznej (DTR). Parametry dielektryków: Uczeń wyjaśnia pojęcia przenikalności elektrycznej (bezwzględnej, względnej i próżni) oraz wytrzymałości dielektrycznej materiałów izolacyjnych. Geometria kondensatora: Samodzielnie oblicza pojemność kondensatora płaskiego na podstawie jego wymiarów geometrycznych i rodzaju użytego dielektryka. Energia i stany nieustalone: Oblicza energię zgromadzoną w polu elektrycznym kondensatora. Analizuje proces ładowania i rozładowania kondensatora w obwodzie RC (wyznacza stałą czasową $\tau = RC$ i interpretuje przebiegi czasowe napięcia i prądu). Złożone układy: Oblicza pojemność zastępczą, ładunki oraz napięcia na poszczególnych elementach w skomplikowanych, mieszanych układach połączeń kondensatorów. Wykorzystanie pola w mechatronice: Wyjaśnia zasadę działania i zastosowanie pojemnościowych czujników zbliżeniowych oraz ekranów dotykowych (potrafi powiązać zmianę odległości lub przenikalności dielektrycznej ze zmianą sygnału wyjściowego). Dobór i diagnostyka: Samodzielnie dobiera kondensatory do układów mechatronicznych na podstawie parametrów z kart katalogowych (napięcie znamionowe, tolerancja, zastępcza rezystancja szeregową, prąd upływu). Wnioskowanie: Diagnostuje uszkodzenia kondensatorów (np. utrata pojemności, zwarcie okładzin, przebicie izolacji) w układach zasilania sterowników PLC lub systemów napędowych, stosując pomiary zaawansowane i formułując poprawne wnioski techniczne.

Treści nauczania

- Pole elektryczne. Prawo Coulomba.
- Wielkości pola elektrycznego i ich jednostki.
- Obrazy pola elektrycznego.
- Linie ekwipotencjalne.
- Pole elektryczne w miejscach o różnej krzywiznie.
- Natężenie i indukcja pola elektrycznego.
- Dodawanie wektorów. Suma geometryczna wektorów.
- Indukcja elektryczna.
- Strumień elektryczny.

- Gęstość powierzchniowa i liniowa.
- Twierdzenia Gaussa.
- Prawo zachowania ładunków.
- Praca w polu centralnym i równomiernym.
- Napięcie i potencjał elektryczny.
- Pojemność elektryczna.
- Pojemność kondensatora płaskiego, kulistego.
- Pojemność zastępcza kondensatorów.
- Zadania z pojemności zastępczej.
- Obliczanie pojemności zastępczej kondensatorów.
- Obliczanie ładunku elektrycznego na kondensatorze.
- Dzielnik napięciowy pojemnościowy.
- Dielektryk. Polaryzacja dielektryka. Własności, charakterystyka, zastosowanie.
- Budowa, rodzaje, oznaczenia, parametry kondensatorów.
- Zamiana jednostek.
- Właściwości kondensatora w obwodzie prądu stałego i zmiennego.
- Energia pola elektrycznego kondensatora.
- Rozwiązywanie zadań - kondensatory.
- Stany nieustalone w obwodach liniowych prądu stałego RC, RL.
- Stała czasowa obwodu.
- Ładowanie i rozładowanie kondensatora w obwodzie prądu stałego.
- Pojęcie składowej ustalonej, przejściowej, stałej czasowej obwodu, $U_c(0+)$, $U_c(0-)$, $I_L(0+)$, $I_L(0-)$, R_z .
- Wykresy czasowe napięcia i prądu ładowania i rozładowania kondensatora.
- Wyznaczanie odpowiedzi układu $U_x(t)$, $I_x(t)$ podczas komutacji.
- Układ całkujący, różniczkujący. Własności, charakterystyki. Odpowiedź układu na wymuszeniu prostokątne.
- Filtr bierny RC dolnoprzepustowy, górnoprzepustowy, środkowoprzepustowy. Charakterystyki częstotliwościowe. Pasma przenoszenia. Częstotliwość graniczna.
- Podstawowe pojęcia i wielkości pola elektrycznego: Ładunek elektryczny, prawo Coulomba; natężenie pola elektrycznego, potencjał, napięcie elektryczne, praca w polu elektrycznym.
- Linie i właściwości pola elektrycznego: Pole jednorodne i niejednorodne; zjawisko indukcji elektrostatycznej; przenikalność elektryczna środowiska
- Pojemność elektryczna i kondensatory: Definicja pojemności ($C = \{Q\}/\{U\}$); budowa kondensatorów (płaski, elektrolityczny, ceramiczny); pojemność kondensatora płaskiego (C); łączenie kondensatorów (szeregowe, równoległe i mieszane); energia pola elektrycznego kondensatora (E).
- Stan nieustalony w obwodzie z kondensatorem: Ładowanie i rozładowanie kondensatora przez rezystor (obwód RC); stała czasowa ($\tau = RC$). I i II prawo komutacji
- pojęcia składowej ustalonej, nieustalonej, przejściowej, stałej czasowej układu
- wyznaczenie graficzne stałej czasowej
- własności idealnego i rzeczywistego kondensatora i cewki w obwodzie prądu stałego i zmiennego
- ładowanie i rozładowanie kondensatora
- załączenie i odłączenie cewki w obwodzie prądu stałego
- charakterystyki czasowe cewki i kondensatora
- zależności czasowe napięcia i prądu na cewce i kondensatorze, wzory

- obliczanie odpowiedzi układu dla dowolnej chwili czasu t w obwodach nieustalonych I rzędu z jednym elementem magazynującym energię.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie definiuje pojęcia ładunku ani pola elektrycznego; nie zna jednostki pojemności.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń potrafi: Podaje prawo Coulomba; wymienia jednostkę pojemności (farad) oraz rozpoznaje kondensator na schemacie przy pomocy nauczyciela. Sformułować słownie prawo Coulomba oraz podać definicję ładunku elektrycznego. Rozpoznać na schemacie podstawowe wielkości pola: natężenie (E), potencjał (V), napięcie (U). Podać podstawowe jednostki miar: kulomb [C], volt [V], farad [F]. Odróżnić pole elektryczne jednorodne (równomierne) od niejednorodnego (centralnego) na rysunku linii pola. Opisać ogólną budowę kondensatora i wymienić podstawowe rodzaje (ceramiczny, elektrolityczny). Podać wzór na pojemność kondensatora płaskiego. Rozpoznać na schemacie połączenie szeregowe i równoległe kondensatorów. Definiować stan ustalony (koniec procesu) i stan nieustalony (przejściowy). Sformułować słownie I i II prawo komutacji (ciągłość napięcia na kondensatorze i prądu w cewce). Podstawić dane do wzoru na stałą czasową obwodu RC, $\tau = RC$ i obwodu RL, $\tau = L/R$. Określić czas trwania stanu nieustalonego na podstawie stałej czasowej. Wskazać schemat układu różniczkującego oraz całkującego RC. Podać definicję częstotliwości granicznej i pasma przenoszenia. Odróżnić filtr dolnoprzepustowy od górnoprzepustowego na podstawie kształtu jego charakterystyki częstotliwościowej.
- **Dostateczny (3):** Uczeń potrafi: Oblicza pojemność zastępczą dla prostych połączeń szeregowych i równoległych; definiuje natężenie pola elektrycznego i przenikalność elektryczną. Zapisać wzory na siłę Coulomba, natężenie pola oraz pojemność $C = Q/U$. Dokonać prostej zamiany jednostek i przedrostków (np. mikrofarady na farady, kilowolty na wolty). Wyjaśnić pojęcie linii ekwipotencjalnych i opisać ich relację do linii pola elektrycznego (prostokątność). Obliczyć pracę przy przemieszczaniu ładunku w polu jednorodnym przy danych prostych wartościach. Obliczyć pojemność zastępczą dwóch lub trzech kondensatorów połączonych wyłącznie szeregowo lub wyłącznie równoległe. Obliczyć ładunek zgromadzony na kondensatorze $Q = C/U$ przy stałym zasilaniu. Podać wzór na energię pola elektrycznego kondensatora $E = (1/2)CUU$ i wykonać proste obliczenia. Odczytać podstawowe parametry kondensatora z jego obudowy lub oznaczeń (pojemność, napięcie znamionowe). Szkicować wykresy czasowe napięcia i prądu podczas ładowania oraz rozładowania kondensatora. Podać zachowanie idealnego kondensatora (rozwarcie) oraz idealnej cewki (zwarcie) dla prądu stałego (DC) w stanie ustalonym. Odczytać z wykresu wartości napięć lub prądów w charakterystycznych punktach ($t=0^-$, $t = \tau$, $t = 0^+$). Wyjaśnić pojęcia: ($u_C(0^-)$, ($u_C(0^+)$)), ($i_L(0^-)$, ($i_L(0^+)$)) w kontekście momentu komutacji. Podstawić dane do wzoru na częstotliwość graniczną filtra RC. Opisać słownie właściwości kondensatora w obwodzie prądu zmiennego (AC) – spadek oporu (reaktancji) wraz ze wzrostem częstotliwości. Naszkicować przybliżoną odpowiedź układu całkującego i różniczkującego na wyjściu, gdy na wejście podano wymuszenie prostokątne (dla przypadku średniej stałej czasowej).
- **Dobry (4):** Oblicza energię gromadzoną w kondensatorze; wyznacza stałą czasową τ obwodu RC oraz rysuje wykresy ładowania i rozładowania kondensatora. Zastosować zasadę superpozycji pól (dodawanie wektorów natężenia pola za pomocą sumy geometrycznej) w prostych układach dwuwymiarowych. Wyjaśnić zjawisko indukcji elektrostatycznej oraz mechanizm polaryzacji dielektryka. Wyjaśnić znaczenie fizyczne przenikalności elektrycznej ośrodka (μ). Definiować pojęcia: indukcja elektryczna (D), strumień elektryczny (Φ) oraz gęstość powierzchniowa ładunku. Obliczyć pracę w polu centralnym (wymagającym uwzględnienia zmienności siły). Rozwiązywać zadania z pojemności zastępczej w układach mieszanych (kilka gałęzi). Wyznaczyć rozkład napięć i ładunków na poszczególnych kondensatorach w połączeniu szeregowym i równoległym. Wyjaśnić zasadę działania pojemnościowego dzielnika napięcia. Wyprowadzić wzór na pojemność kondensatora kulistego. Zapisać pełne równania czasowe (wzory wykładnicze) dla napięć i prądów w obwodzie RC/RL.

Wyznaczyć graficznie stałą czasową z wykresu przebiegu przejściowego (metoda stycznej w punkcie ($t=0$)). Obliczyć wartość napięcia lub prądu w obwodzie dla dowolnej, konkretnej chwili czasu (t), używając kalkulatora z funkcją wykładniczą. Wyznaczyć rezystancję zastępczą ($R\{z\}$) widzianą z zacisków elementu magazynującego energię w celu obliczenia (T). Przeanalizować zachowanie układów całkujących i różniczkujących dla skrajnych przypadków stałej czasowej względem okresu impulsu. Wyjaśnić budowę i zasadę działania filtra środkowoprzepustowego. Wykreślić i zinterpretować osie charakterystyk częstotliwościowych (amplitudowych) filtrów biernych RC.

- **Bardzo dobry (5):** Analizuje parametry pola w układach wielowarstwowych dielektryków; oblicza napięcia i ładunki w mieszanych układach kondensatorów. Sformułować i matematycznie zapisać twierdzenie Gaussa oraz wykorzystać je do opisu pola wokół kuli naładowanej. Wyjaśnić rozkład pola elektrycznego w miejscach o różnej krzywiznie powierzchni przewodnika (zjawisko ostroży). Analizować wpływ wprowadzenia dielektryka o danej przenikalności na parametry kondensatora (pojemność, ładunek, energia, napięcie) w dwóch stanach: przy odłączonym oraz przy stale podłączonym źródle zasilania. Rozwiązywać skomplikowane zadania obliczeniowe z obwodów zawierających układy kondensatorów o nieoczywistej strukturze. Samodzielnie wyznaczyć kompletną odpowiedź układu ($u_x(t)$, $i_x(t)$) podczas komutacji w obwodach I rzędu o strukturze wielooczkowej (stosując np. twierdzenie Thevenina do wyznaczenia parametrów stanu ustalonego i rezystancji zastępczej). Rozróżniać i matematycznie wydzielić z odpowiedzi układu składową ustaloną oraz składową przejściową. Przeprowadzić pełną analizę matematyczno-fizyczną przesunięć fazowych wprowadzanych przez filtry RC w obwodach prądu zmiennego sinusoidalnego. Zaprojektować filtr pasywny RC o zadanej częstotliwości granicznej lub pasmie przenoszenia, dobierając odpowiednie wartości elementów z szeregu normatywnego.
- **Celujący (6):** Przeprowadza pełną analizę matematyczną stanu nieustalonego w obwodzie RC (wyznaczenie równań różniczkowych napięcia i prądu w funkcji czasu).

Dział 2: Pole magnetyczne i elektromagnetyzm

Wymagania podstawowe: Obejmują kluczowe pojęcia, podstawowe prawa fizyczne oraz elementarne obliczenia i umiejętności praktyczne, które są niezbędne do bezpiecznej obsługi i montażu urządzeń wykorzystujących zjawiska magnetyczne. Pojęcia pola magnetycznego: Uczeń definiuje podstawowe pojęcia: pole magnetyczne, źródła pola (magnesy trwałe, elektromagnesy), linie sił pola magnetycznego oraz bieguny magnetyczne. Wielkości magnetyczne i jednostki: Zna i prawidłowo przyporządkowuje jednostki miar układu SI do podstawowych wielkości magnetycznych: strumień magnetyczny (Φ) – weber [Wb], indukcja magnetyczna (B) – tesla [T] oraz natężenie pola magnetycznego (H) – amper na metr [A/m]. Elektromagnetyzm: Wyjaśnia zjawisko powstawania pola magnetycznego wokół przewodu z prądem oraz cewki (solenoidu). Określa zwrot linii sił pola za pomocą reguły prawej dłoni (lub reguły śruby prawoskrętnej). Siła elektrodynamiczna: Opisuje zjawisko powstawania siły działającej na przewodnik z prądem w polu magnetycznym. Wyznacza kierunek tej siły za pomocą reguły lewej dłoni. Indukcja elektromagnetyczna: Wyjaśnia zjawisko indukcji elektromagnetycznej i powstawania siły elektromotorycznej (SEM) przy ruchu przewodnika w polu magnetycznym. Zna treść prawa Lenz'a (reguła przekory). Podzespoły mechatroniczne: Identyfikuje na schematach i w rzeczywistym układzie elementy działające na zasadzie elektromagnesu: cewki, przekaźniki, styczniki, elektrozapory pneumatyczne oraz silniki DC. Pomiar podstawowy: Wykonuje pomiar rezystancji uzwojenia cewki przekaźnika lub elektrozapory za pomocą multimetru w celu sprawdzenia, czy cewka nie ma przerwy.

Wymagania ponadpodstawowe: Obejmują zaawansowane umiejętności matematycznej analizy obwodów magnetycznych, interpretacji zjawisk dynamicznych (takich jak przepięcia), parametryzacji nowoczesnych czujników oraz samodzielnego diagnozowania układów napędowych na podstawie dokumentacji technicznej (DTR). Właściwości magnetyczne materiałów: Uczeń wyjaśnia pojęcia przenikalności magnetycznej (bezwzględnej, względnej i próżni). Rozróżnia materiały diamagnetyczne, paramagnetyczne i ferromagnetyczne. Histereza magnetyczna: Analizuje i interpretuje pętlę histerezy magnetycznej ferromagnetyków. Wyjaśnia pojęcia: magnetyzm szczątkowy (remanencja) oraz pole koercji.

Rozróżnia materiały magnetycznie miękkie i twarde w kontekście ich zastosowania (rdzenie cewek vs. magnesy trwałe). Prawa obwodów magnetycznych: Zna i stosuje w obliczeniach prawo Hopkinsona (odpowiednik prawa Ohma dla obwodów magnetycznych). Oblicza opór magnetyczny oraz napięcie magnetyczne. Indukcyjność i energia pola: Definiuje indukcyjność własną (L) – $[H]$) oraz wzajemną. Oblicza energię zgromadzoną w polu magnetycznym cewki. Stany nieustalone i przebiegi: Analizuje proces załączania i wyłączania obwodów z indukcyjnością. Wyjaśnia mechanizm powstawania groźnych przebiegów podczas odłączania cewek (indukowanie się wysokiego napięcia zgodnie z prawem Faradaya) i uzasadnia konieczność stosowania diod zabezpieczających (usprawniających) w układach sterowania tranzystorowego/PLC. Wykorzystanie pola w mechatronice: Szczegółowo wyjaśnia zasadę działania komponentów mechatronicznych opartych na elektromagnetyzmie: indukcyjnych czujników zbliżeniowych, czujników Halla (hallotronów), transformatorów, silników krokowych oraz serwonapędów AC/DC. Diagnostyka: Diagnostuje zaawansowane uszkodzenia obwodów magnetycznych maszyn (np. zwarcie międzyzwojowe w cewce, nasycenie rdzenia, uszkodzenie obwodu magnetycznego silnika). Korzysta z oscyloskopu do obserwacji przebiegów prądu w cewkach podczas komutacji.

Treści nauczania

- Pole magnetyczne. Źródła pola, własności, obrazy. Podział magnesów.
- Siła działająca na przewodnik z prądem w polu magnetycznym.
- Reguła lewej dłoni, trzech palców FBI, zasady. Moment par sił.
- Reguła śruby prawoskrętnej.
- Indukcja magnetyczna. Charakterystyka, własności.
- Strumień magnetyczny. Charakterystyka, własności. Reguła prawej dłoni do solenoidu.
- Rodzaje materiałów magnetycznych. Własności, charakterystyka, zastosowanie.
- Materiały magnetycznie miękkie i twarde.
- Prądy wirowe. Charakterystyka, własności, zastosowanie.
- Pierwotna krzywa magnesowania. Koercja, remanencja.
- Pętla histerezy.
- Indukcyjność własna cewki.
- Zjawisko indukcji elektromagnetycznej.
- Sem rotacji i transformacji.
- Siła elektromotoryczna.
- Moment obrotowy. Prędkość obrotowa, kątowna.
- Energia pola magnetycznego cewki.
- Sprzężenie magnetyczne cewek.
- Indukcyjność wzajemna.
- Rozwiązywanie zadań obwodów cewek sprzężonych.
- Rodzaje, budowa, zastosowanie transformatora.
- Przekładnia transformatora.
- Symetryzator impedancji.
- Schemat zastępczy transformatora. Analiza pracy.
- Przekładnik prądowy i napięciowy.
- Siła udźwigu elektromagnesu.
- Siła elektromagnetycznego oddziaływania. Skutki działania.
- Budowa, zastosowanie, oznaczenia, symbol przekaźnika, stycznika.
- Przykłady wyłączników, odłączników, rozłączników. Symbole.
- Przekaźnik jako obciążenie o charakterze indukcyjnym.
- Dzwonek szkolny jako przykład obwodu magnetycznego z zwoją. Analiza działania.
- Zasada działania prądnicy i silnika prądu stałego.

- Wielkości opisujące pole magnetyczne: Indukcja magnetyczna (B), strumień magnetyczny, natężenie pola magnetycznego, przenikalność magnetyczna; klasyfikacja materiałów magnetycznych (diamagnetyki, paramagnetyki, ferromagnetyki); pętla histerezy magnetycznej.
- Oddziaływanie pola magnetycznego: Siła elektrodynamiczna (siła Lorentza $F = BIL\sin\alpha$); reguła lewej dłoni; siła działająca na poruszający się ładunek.
- Zjawisko indukcji elektromagnetycznej: Prawo indukcji Faradaya; reguła Lenza (przekory); siła elektromotoryczna (SEM) indukcji; indukcyjność własna (L) i wzajemna (M); energia pola magnetycznego cewki.
- Obwody magnetyczne i parametry cewek: Prawo Hopkinsona dla obwodów magnetycznych (odpowiednik prawa Ohma); opór magnetyczny (reluktancja R_m); stan nieustalony w obwodzie z cewką (obwód RL, stała czasowa $\tau = \frac{L}{R}$).

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie odróżnia bieguna N od S; nie definiuje zjawiska indukcji magnetycznej.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń potrafi odtworzyć najbardziej podstawowe fakty i definicje, które są niezbędne do dalszej nauki. Wymagania teoretyczne: Wskazuje źródła pola magnetycznego (magnesy stałe, przewodnik z prądem). Wymienia podstawowe wielkości opisujące pole magnetyczne oraz ich jednostki (B – Tesla, Φ – Weber, L – Henry). Wymienia trzy podstawowe grupy materiałów magnetycznych: diamagnetyki, paramagnetyki, ferromagnetyki. Rozróżnia materiały magnetycznie miękkie i twarde. Podaje definicję transformatora i wymienia jego podstawowe elementy budowy (rdzeń, uzwojenie pierwotne i wtórne). Rozpoznaje na schematach podstawowe symbole graficzne cewki, przekątnika oraz styków NO/NZ. Wymagania praktyczne: Identyfikuje bieguny magnetyczne (N, S) na podstawie rysunku linii pola. Zapisuje podstawowy wzór na przekładnię transformatora oraz siłę elektrodynamiczną. Podaje jednostkę indukcji magnetycznej (tesla) oraz strumienia (weber); stosuje regułę lewej dłoni z pomocą nauczyciela.
- **Dostateczny (3):** Uczeń rozumie główne pojęcia i zjawiska magnetyczne oraz potrafi zastosować je w typowych, prostych zadaniach. Wymagania teoretyczne: Wyjaśnia fizyczny sens indukcji magnetycznej (B), strumienia (Φ) oraz przenikalności magnetycznej (μ). Opisuje zjawisko indukcji elektromagnetycznej oraz zasadę działania prądnicy i silnika prądu stałego. Definiuje pojęcia z pętli histerezy: krzywa magnesowania, remanencja (magnetyzm szczątkowy) oraz koercja. Wyjaśnia, czym są prądy wirowe i podaje jeden przykład ich ograniczania (blachowanie rdzenia) oraz zastosowania. Opisuje przeznaczenie aparatów elektrycznych: przekątnika, stycznika, odłącznika, rozłącznika i wyłącznika. Wymagania praktyczne: Stosuje w praktyce regułę śruby prawoskrętnej, prawej dłoni dla solenoidu oraz lewej dłoni / trzech palców FBI do wyznaczania kierunku sił i linii pola. Oblicza parametry transformatora przy użyciu prostej przekładni napięciowo-prądowej. Oblicza energię pola magnetycznego cewki oraz stałą czasową obwodu. Wyznacza wartość siły elektrodynamicznej oraz siły Lorentza dla przypadków prostopadłych. Sformułuje prawo Faradaya i regułę Lenza; oblicza siłę elektrodynamiczną oraz energię cewki.
- **Dobry (4):** Uczeń poprawnie operuje terminologią techniczną, dostrzega związki przyczynowo-skutkowe i samodzielnie rozwiązuje zadania o średnim stopniu złożoności. Wymagania teoretyczne: Analizuje pętlę histerezy magnetycznej i na jej podstawie dobiera materiał (miękki/twardy) do konkretnych zastosowań (rdzeń transformatora vs. magnes trwały). Wyjaśnia różnicę pomiędzy SEM rotacji (ruch w polu) a SEM transformacji (zmienne pole). Formułuje prawo Hopkinsona dla obwodów magnetycznych i wskazuje jego analogię do prawa Ohma (napięcie, reluktancja, rezystancja, strumień prąd). Porównuje funkcje i warunki pracy przekątnika prądowego oraz napięciowego (w tym skutki rozwarcia strony wtórnej przekątnika prądowego). Wyjaśnia zjawisko indukcyjności wzajemnej M i sprzężenia magnetycznego cewek. Wyjaśnia zjawiska zachodzące podczas pracy dzwonka szkolnego jako obwodu magnetycznego ze zworą. Wymagania praktyczne: Rysuje i opisuje uproszczony schemat zastępczy transformatora, interpretując fizyczny sens jego elementów. Oblicza opór magnetyczny (reluktancję R_m) szczeliny powietrznej lub rdzenia przy zadanych parametrach geometrycznych i materiale.

Rozwiązuje zadania z obwodów RL określające wartość prądu w stanie nieustalonym po czasie równym wielokrotności stałej czasowej T . Określa zwrot indukowanej SEM z wykorzystaniem reguły Lenza (przekory). Wyjaśnia zjawisko histerezy magnetycznej i różnicę między materiałami miękkimi a twardymi magnetycznie; oblicza reluktancję i opisuje stan nieustalony w obwodzie RL.

- **Bardzo dobry (5):** Uczeń posiada pełną wiedzę w ramach programu, sprawnie łączy fakty z różnych działów, potrafi samodzielnie analizować złożone układy. Wymagania teoretyczne: Przeprowadza pełną analizę pracy transformatora w stanach jałowych, obciążenia oraz zwarcia na podstawie jego schematu zastępczego. Wyjaśnia rolę transformatora jako symetryzatora (dopasowania) impedancji w układach przesyłowych lub elektronicznych. Analizuje zachowanie przekątnika jako obciążenia o charakterze indukcyjnym i uzasadnia konieczność stosowania zabezpieczeń przeciwprzepięciowych. Szczegółowo opisuje matematyczne i fizyczne skutki działania siły elektromagnetycznego oddziaływania na konstrukcje szynowe i uzwojenia podczas zwarć. Wymagania praktyczne: Rozwiązuje zadania obwodów cewek sprzężonych magnetycznie (połączenia szeregowo i równoległe, zgodnie i przeciwnie sprzężone). Wyznacza analitycznie siłę udźwigu elektromagnesu z uwzględnieniem nasycenia magnetycznego i reluktancji szczeliny. Dokonuje obliczeń parametrów stanu nieustannego obwodu RL w dowolnej chwili czasowej t z wykorzystaniem funkcji wykładniczej. Oblicza złożone obwody magnetyczne z szczeliną powietrzną z wykorzystaniem prawa Hopkinsona.
- **Celujący (6):** Uczeń wykazuje się wiedzą wykraczającą poza standardowy program nauczania, potrafi twórczo rozwiązywać nietypowe problemy inżynierskie i projektowe. Wymagania teoretyczne i praktyczne: Projektuje prosty obwód magnetyczny (np. rdzeń dzwonka lub miniaturowego transformatora) na podstawie zadanych parametrów strumienia i indukcji nasycenia. Rozwiązuje nieliniowe obwody magnetyczne z wykorzystaniem rzeczywistej, graficznej pierwotnej krzywej magnesowania materiału ferromagnetycznego. Potrafi samodzielnie wyprowadzić równania różniczkowe opisujące stan nieustalony w obwodach RL lub obwodach z cewkami sprzężonymi. Analizuje zjawisko indukcji wzajemnej w cewkach sprzężonych magnetycznie oraz wyznacza stratność rdzeni na prądy wirowe i histerezę.

Dział 3: Obwody prądu stałego (DC)

- **Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi):** posłużyć się pojęciami z dziedziny elektrotechniki i elektroniki; wskazać warunki przepływu prądu; rozróżnić prawa elektrotechniki do obliczania i szacowania wartości wielkości elektrycznych w obwodach elektrycznych; zidentyfikować symbole graficzne elementów elektrycznych i układów; określić parametry elementów oraz układów; określić funkcje elementów na podstawie dokumentacji technicznej; rozróżnić normy dotyczące dokumentacji.
- **Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi):** zastosować pojęcia związane z prądem elektrycznym; omówić materiały stosowane w elektrotechnice i elektronice; zidentyfikować elementy oraz układy elektryczne na podstawie wyglądu i oznaczeń; posłużyć się dokumentacją techniczną, katalogami i instrukcjami obsługi; zastosować normy dotyczące dokumentacji technicznej.

Treści nauczania

- Prąd elektryczny. Rodzaje, charakterystyka prądu stałego, zmiennego, impulsowego, o dużej częstotliwości. Działanie prądu na organizm ludzki.
- Droga przepływu prądu. Warunki środowiskowe. Rezystancja ciała człowieka.
- Napięcia dotykowe bezpieczne dla prądu stałego i zmiennego. Objawy skutku przepływu prądu stałego, zmiennego, o dużej częstotliwości.
- Prawo Ohma. Jednostki wielokrotne, pod wielokrotne. Warunki przepływu prądu. Charakterystyki, zależności między I , U , R .
- Charakterystyka liniowa, logarytmiczna.

- Symbole źródeł napięcia, prądu, źródeł sterowanych. Charakterystyka amperomierza, woltomierza idealnego i rzeczywistego.
- Podstawowe prawa obwodu prądu stałego.
- I, II prawo Kirchhoffa.
- Węzeł, gałąź, oczko, wymuszenie, odpowiedź układu.
- Rezystancja zastępcza połączenia szeregowego i równoległego.
- Obliczanie rezystancji zastępczej obwodu.
- Rezystancja zastępcza zamiany gwiazdy w trójką i trójkąt w gwiazdę.
- Dzielnik napięciowy i prądowy.
- Źródło napięciowe i prądowe idealne i rzeczywiste. Zamiana. Stany pracy.
- Połączenie szeregowo i równoległe źródeł napięcia i prądu.
- Charakterystyka woltomierza i amperomierza idealnego i rzeczywistego.
- Metody analizy obwodów prądu stałego.
- Metoda zwijania obwodu z jednym wymuszeniem.
- Metoda praw Kirchhoffa
- Metoda superpozycji.
- Metoda prądów oczkowych.
- Metoda potencjałów węzłowych.
- Metoda Thewenina..
- Rozwiązywanie zadań obwodów prądu stałego - poszukiwanie odpowiedzi układu na wymuszenia napięciowe i prądowe.
- Kod kreskowy rezystancji.
- Parametry rezystancji
- Zależność rezystancji od wymiarów i temperatury.
- Oznaczenia i charakterystyki rezystancji liniowej i nieliniowej
- Rezystancja statyczna i dynamiczna. Znaczenie rezystancji ujemnej.
- Moc, energia prądu stałego. Bilans mocy.
- Zasada zachowania energii.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie definiuje podstawowych pojęć, takich jak prąd czy napięcie; nie zna wzoru na prawo Ohma.
- **Dopuszczający (2):** Wymagania konieczne - uczeń przy pomocy nauczyciela lub z użyciem tablic wzorów potrafi wykonać podstawowe operacje i rozumie elementarne pojęcia BHP i działanie prądu. Wymienia rodzaje prądu (stały, zmienny) i wskazuje podstawowe zagrożenia dla człowieka. Podaje wartości napięć dotykowych bezpiecznych w warunkach normalnych. Prawo Ohma i elementy obwodów: Zapisuje wzór na prawo Ohma $I = U/R$. Rozpoznaje podstawowe symbole schematyczne (rezystor, idealne źródło napięcia i prądu). Podstawy obwodów DC: Definiuje pojęcia węzła, gałęzi i oczka w stopniu minimalnym. Rozróżnia połączenie szeregowo od równoległego. Obliczenia: Oblicza rezystancję zastępczą dla dwóch rezystorów połączonych szeregowo lub równoległe (wg prostych wzorów). Zna wzór na moc prądu stałego. Rezystory: Odczytuje wartość rezystancji na podstawie podanego opisu kodu kreskowego z pomocą tabeli. Zna jednostkę rezystancji. Stosuje prawo Ohma do prostych obliczeń w obwodzie z jednym rezystorem przy pomocy nauczyciela, rozpoznaje symbole rezystora i źródła napięcia.
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie wykonuje typowe zadania o niskim stopniu złożoności oraz rozumie kluczowe zależności: BHP i działanie prądu. Opisuje różnice w działaniu na organizm prądu stałego, zmiennego oraz o dużej częstotliwości. Wyjaśnia wpływ drogi przepływu prądu i rezystancji ciała na skutki porażenia. Prawa obwodów: Samodzielnie formułuje i zapisuje równania wynikające z I i II prawa Kirchhoffa dla prostych, wskazanych węzłów i oczek. Analiza obwodów: Sprawnie posługuje się metodą zwijania obwodu z jednym źródłem zasilania.

Stosuje w zadaniach wzory na dzielnik napięcia i dzielnik prądu w prostych układach. Źródła i przyrządy: Rozróżnia źródło idealne od rzeczywistego. Wie, jak poprawnie włączyć do obwodu amperomierz (szeregowo) i woltomierz (równolegle) oraz zna cechy ich idealnych modeli. Właściwości rezystancji: Wyjaśnia zależność rezystancji od wymiarów geometrycznych przewodnika. Rozróżnia charakterystykę liniową od nieliniowej na wykresie. Energetyka obwodów: Oblicza energię elektryczną i potrafi sprawdzić bilans mocy w najprostszych obwodach jednoźródłowych. Sformułuje I i II prawo Kirchhoffa; oblicza rezystancję zastępczą dla układów szeregowych i równoległych.

- **Dobry (4):** uczeń sprawnie analizuje złożone obwody liniowe, samodzielnie dobiera metody rozwiązywania i wyciąga wnioski BHP i warunki środowiskowe: Szczegółowo charakteryzuje parametry środowiska wpływające na obniżenie bezpiecznego napięcia dotykowego (wilgotność, obecność substancji przewodzących). Matematyka w elektrotechnice: Wyjaśnia różnicę między charakterystyką liniową a logarymiczną i potrafi zinterpretować je na wykresach właściwości rezystorów. Operuje wszystkimi jednostkami wielokrotnymi i podwielokrotnymi. Metody analizy obwodów: Samodzielnie i bezbłędnie stosuje metodę superpozycji, metodę prądów oczkowych oraz metodę potencjałów węzłowych do rozwiązywania obwodów z wieloma wymuszeniami (źródłami). Przekształcenia obwodów: Dokonuje zamiany konfiguracji rezystorów gwiazda-trójkąt oraz trójkąt-gwiazda. Dokonuje wzajemnej zamiany rzeczywistego źródła napięcia na rzeczywiste źródło prądu. Przyrządy rzeczywiste: Analizuje wpływ rezystancji wewnętrznej rzeczywistego woltomierza i amperomierza na błąd pomiaru w obwodzie. Parametry rezystorów: Oblicza zmianę rezystancji pod wpływem temperatury. Definiuje pojęcie rezystancji statycznej i dynamicznej dla elementów nieliniowych. Bilansowanie: Sporządza pełny bilans mocy dla złożonych obwodów wieloźródłowych, opierając się na zasadzie zachowania energii. Analizuje obwody mieszane DC; oblicza rozpyły prądów i spadki napięć z wykorzystaniem dzielników.
- **Bardzo dobry (5):** uczeń wykazuje się kompletnym, biegłym opanowaniem całego materiału, rozwiązuje skomplikowane problemy inżynierskie i bezbłędnie operuje teorią: Zaawansowane metody: Płynnie posługuje się metodą Thevenina (wyznacza parametry źródła zastępczego dla dowolnego dwójnika liniowego). Potrafi rozwiązać ten sam obwód kilkoma różnymi metodami w celu weryfikacji wyniku. Teoria źródeł sterowanych: Rozpoznaje, opisuje i uwzględnia w równaniach obwodowych symbole źródeł sterowanych (napięciem lub prądem). Stany pracy źródeł: Przeprowadza dogłębną analizę pracy źródeł w stanie jałowym, zwarcia oraz obciążenia dopasowanego (maksymalna generacja mocy). Aspekty fizyczne i nieliniowe: Wyjaśnia fizyczny sens i znaczenie rezystancji ujemnej w elementach nieliniowych. Potrafi wyznaczyć rezystancję dynamiczną w punkcie pracy elementu nieliniowego za pomocą pochodnej lub metody graficznej. Związki przyczynowo-skutkowe: Przeprowadza pełną analizę "wymuszenie-odpowiedź układu" w przypadku zmiany parametrów jednego z elementów obwodu. Bezbłędnie uzasadnia bilans mocy na podstawie fundamentalnych praw fizyki. Sporządza pełny bilans mocy w złożonych obwodach DC z uwzględnieniem rezystancji wewnętrznej źródeł.
- **Celujący (6):** uczeń posiada wiedzę i umiejętności wykraczające poza standardowy program kursu, wykazuje się kreatywnością inżynierską: Samodzielnie dostrzega analogie i rozwiązuje nietypowe obwody o strukturze mostkowej, drabinowej lub symetrycznej z wykorzystaniem specyficznych właściwości topologicznych. Potrafi zaprojektować układ dzielników napięcia i prądu o zadanych parametrach wyjściowych, uwzględniając tolerancje wynikające z kodu kreskowego oraz współczynnika temperaturowego rzeczywistych rezystorów. Uczestniczy z sukcesami w olimpiadach wiedzy elektrycznej i elektronicznej lub przygotowuje autorskie symulacje komputerowe (np. w programach typu SPICE) analizujące stany pracy omawianych obwodów. Rozwiązuje obwody DC z wieloma źródłami zasilania metodą prądów oczkowych lub potencjałów węzłowych. Rozwiązuje metodami macierzowymi (np. metodą oczkową) rozgałęzione obwody prądu stałego o wielu źródłach zasilania.

Dział 4: Obwody prądu przemiennego (AC) i układy trójfazowe

- **Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi):** definiować podstawowe wielkości charakteryzujące przebiegi sinusoidalnie zmienne; wyjaśnić parametry przebiegów; narysować wykresy fazowe i przebiegi wielkości; wymienić rodzaje oporów elektrycznych (rezystancja, reaktancja, impedancja) i zależności je wiążące; określać wpływ częstotliwości na wartość reaktancji; zdefiniować pojęcie przesunięcia fazowego; narysować trójkąt napięć, prądów i mocy; oszacować moce występujące w obwodzie; zdefiniować zjawisko rezonansu prądów i napięć i podać ich warunki.
- **Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi):** obliczyć zależności dla szeregowego połączenia elementów RL, RC, RLC; obliczyć wielkości dla szeregowego i równoległego połączenia elementów RLC; oszacować wartości prądów i napięć na podstawie pomiarów; określić wpływ częstotliwości na susceptancję.

Treści nauczania

- Obwody prądu zmiennego.
- Parametry przebiegu sinusoidalnie zmiennego.
- Wartość skuteczna prądu sinusoidalnie zmiennego.
- Wartość średnia prądu sinusoidalnie zmiennego.
- Obliczanie wartości średniej i skutecznej przebiegu sinusoidalnie zmiennego, prostokątnego i trójkątnego, sinusoidalnego wyprostowanego jednopółwkowo i caofalowo..
- Pomiary wartości średniej i skutecznej miernikiem magnetoelektrycznym. Współczynnik kształtu przebiegu mierzonego.
- Dwójnik szeregowy i równoległy R-L-C w obwodzie prądu sinusoidalnie zmiennego (charakterystyka, zależności, przesunięcie fazowe między napięciem i prądem, wykresy wskazowe napięć, prądów, impedancji, admitancji, mocy, wykresy czasowe).
- Reaktancja, susceptancja, impedancja, admitancja.
- Dwójnik RC w obwodzie prądu zmiennego.
- Dwójnik RL w obwodzie prądu zmiennego.
- Rozwiązywanie zadań obwody prądu zmiennego.
- Rezonans napięć i prądów: warunek rezonansu, charakterystyka, własności, zastosowanie, częstotliwość rezonansowa, dobroć obwodu, selektywność, impedancja falowa, przepięcie, przetężenie, charakterystyki pracy, wykresy wskazowe, czasowe.
- Charakterystyka rzeczywistego i idealnego obwodu rezonansowego szeregowego i równoległego.
- Praktyczne zastosowanie zjawiska rezonansu elektrycznego.
- Rezonans w układzie szeregowym RLC.
- Rezonans w układzie równoległym RLC.
- Rozwiązywanie zadań obwody prądu zmiennego - rezonans.
- Metoda liczb zespolonych. Definicja. Postać algebraiczna, trygonometryczna, wykładnicza.
- Moc i energia prądu sinusoidalnego: moc czynna, bierna, pozorna, zależności, charakterystyka, jednostki, wykresy wskazowe.
- Pojęcie i poprawa współczynnika mocy, wykres wskazowy, dobór pojemności.
- Własności obwodów jednofazowych prądu sinusoidalnie zmiennego; pojęcie wartości chwilowej, skutecznej, średniej, częstotliwości, okresu, prędkości kątowej, przesunięcia fazowego między napięciem i prądem odbiornika R, L, C, szeregowego i równoległego R-L, R-C, wykresy wskazowe i czasowe.
- Pojęcie rezystancji, konduktancji, reaktancji, susceptancji, impedancji, admitancji, zależności.

- Układ szeregowy R-L-C; idealny i rzeczywisty obwód rezonansowy, wykresy wskazowe, warunek rezonansu, wykresy czasowe $X_I=f(f)$, $X_C=f(f)$, $I=f(f)$, $U_I=f(f)$, $U_C=f(f)$, $U=f(f)$, $Z=f(f)$, $\varphi=f(f)$, charakter obwodu dla częstotliwości $f < f_r$, $f = f_r$, $f > f_r$, impedancja falowa, dobroć obwodu rezonansowego, selektywność, szerokość pasma, warunek przepięcia, własności, charakterystyka, zastosowanie.
- Równoległy obwód RLC; idealny i rzeczywisty obwód rezonansowy, wykresy wskazowe, warunek rezonansu, wykresy czasowe $B_I=f(f)$, $B_C=f(f)$, $U=f(f)$, $I_I=f(f)$, $I_C=f(f)$, $I=f(f)$, $Y=f(f)$, $\varphi=f(f)$, charakter obwodu dla częstotliwości $f < f_r$, $f = f_r$, $f > f_r$, impedancja falowa, warunek przetężenia, własności, charakterystyka, zastosowanie.
- Filtry pasywne R-C, R-L, L-C dolnoprzepustowe, górnoprzepustowe, środkowoprzepustowe, środkowozaporowe, charakterystyki częstotliwościowe, pasmo przenoszenia.
- Wzmocnienie i tłumienie napięciowe, prądowe, mocy w V/V, A/A, W/W, dB. Zadania, przeliczanie.
- Wykresy wskazowe odpowiedzi napięć, prądów na wymuszenie sinusoidalnie zmienne dowolnego układu.
- Rozwiązywanie zadań obwody prądu zmiennego - rezonans.
- Definicja i postacie liczby zespolonej. Postać algebraiczna, trygonometryczna, wykładnicza. Zależności między nimi.
- Działania na liczbach zespolonych; dodawanie, odejmowanie, mnożenie, dzielenie.
- Częstotliwość rezonansowa dowolnego układu RLC. Zadania.
- Moc chwilowa, skuteczna w obwodach prądu zmiennego odbiornika o charakterze R, X_I , X_C , moc P, Q, S, wykresy wskazowe, czasowe, w układach mieszanych, zależności między nimi charakterystyka, wnioski.
- Poprawa współczynnika mocy; wykres wskazowy, interpretacja, charakterystyka, wnioski, wyprowadzenie wzoru na pojemność C kondensatora.
- Moc dystorsji. Prostokąt mocy, zależności, współczynnik THD, interpretacja.
- Zależność między $\cos(\varphi)$ i $\tan(\varphi)$. Wartość $\cos(\varphi)$ i $\tan(\varphi)$
- w układach elektroenergetycznych.
- Szereg Fouriera, wartość skuteczna dowolnego sygnału sinusoidalnie zmiennego, charakterystyka.
- Taryfy energetyczne grupy G, oznaczenia, charakterystyka.
- Kody OBIS przypisujące unikalne numery do konkretnych parametrów rejestrowanych przez liczniki energii elektrycznej, oznaczenia, charakterystyka.
- Obliczanie impedancji obwodu metodą symboliczną.
- Rozwiązywanie zadań obwodów prądu sinusoidalnie zmiennego metodą symboliczną. Obliczanie odpowiedzi układu na wymuszenie sinusoidalnie zmienne napięć, prądów, mocy).
- Definicja i postacie liczby zespolonej.
- Działania na liczbach zespolonych.
- Rozwiązywanie zadań obwodów prądu sinusoidalnie zmiennego metodą symboliczną.
- Parametry prądu sinusoidalnie przemienne: Wartość chwilowa, maksymalna (amplituda), skuteczna ($U_{rms} = \{U_m\}/\{\sqrt{2}\}$), średnia; okres, częstotliwość, przesunięcie fazowe.
- Elementy R, L, C w obwodzie AC: Rezystancja, reaktancja indukcyjna ($X_L = \omega L$) i pojemnościowa ($X_C = 1/\{\omega C\}$); impedancja (Z); wykresy wskazowe prądów i napięć; zjawisko rezonansu szeregowego i równoległego.
- Moc w obwodach AC i układy trójfazowe: Moc czynna (P), bierna (Q), pozorna (S); trójkąt mocy; współczynnik mocy $\cos(\phi)$; układy trójfazowe skojarzone w gwiazdę (Y) i trójkąt (Delta); napięcia fazowe i przewodowe.
- Podstawowe pojęcia dotyczące obwodów trójfazowych, napięcia i prądy fazowe, przewodowe
- Układy trójfazowe 3-przewodowe, 4-przewodowe, 5-przewodowe

- Oznaczenia sieci niskiego napięcia TN-C, TN-S, TN-C-S, TT, IT. Połączenie odbiornika trójfazowego i jednofazowego do danej sieci.
- Pojęcie napięcia i prądu fazowego, przewodowego
- Podstawowe pojęcia obwodu prądu trójfazowego sinusoidalnie zmiennego; napięcie i prądy przewodowe, liniowe, fazowe, układ symetryczny, niesymetryczny, oznaczenia i kolory poszczególnych faz, impedancja odbiornika, zależności, klasyfikacja układów trójfazowych.
- Podstawowe pojęcia obwodu prądu trójfazowego sinusoidalnie zmiennego; napięcie i prądy przewodowe, liniowe, fazowe, układ symetryczny, niesymetryczny, oznaczenia i kolory poszczególnych faz, impedancja odbiornika, zależności, klasyfikacja układów trójfazowych.
- Wykres wskazowy napięć i prądów w układzie symetrycznym odbiornika skojarzonego w gwiazdę i trójkąt. Zależność między napięciem, prądem przewodowym i fazowym (wyprowadzenie wzoru), równania na wartość chwilową napięć fazowych generatora i odbiornika symetrycznego i niesymetrycznego, potencjał i napięcie N, N' .
- Równania na wartość skuteczną napięć przewodowych w zapisie symbolicznym, oznaczenia początków i końców uzwojeń odbiornika trójfazowego, tabliczka zaciskowa odbiornika trójfazowego skojarzona w gwiazdę i trójkąt.
- Zamiana początku z końcem dowolnego uzwojenia odbiornika trójfazowego symetrycznego skojarzonego w gwiazdę i trójkąt, wykres wskazowy, wnioski.
- Stany awaryjne uzwojenia trójfazowego skojarzonego w gwiazdę i trójkąt, przerwa i zwarcie w jednej z faz, wykres wskazowy, wnioski.
- Układy trójfazowe niesymetryczne. Wyznaczenie poszczególnych napięć i prądów fazowych odbiornika oraz napięcia $U_{N-N'}$,
- Moc w układach trójfazowych symetrycznych i niesymetrycznych. Pomiar mocy w układach trójfazowych trójprzewodowych i czteroprzewodowych symetrycznych i niesymetrycznych, zależność między mocą odbiornika skojarzonego w gwiazdę i trójkąt.
- Układ Arona do pomiaru mocy.
- Sieci niskiego napięcia: TN-S, TN-C, TN-C-S, TT, IT.
- Rozwiązywanie zadań obwodów trójfazowych.
- Wykres wskazowy napięć i prądów w układzie symetrycznym odbiornika skojarzonego w gwiazdę i trójkąt. Zależność między napięciem, prądem przewodowym i fazowym (wyprowadzenie wzoru), równania na wartość chwilową napięć fazowych generatora i odbiornika symetrycznego i niesymetrycznego, potencjał i napięcie N, N' , równania na wartość skuteczną napięć przewodowych w zapisie symbolicznym, oznaczenia początków i końców uzwojeń odbiornika trójfazowego, tabliczka zaciskowa odbiornika trójfazowego skojarzona w gwiazdę i trójkąt.
- Zamiana początku z końcem dowolnego uzwojenia odbiornika trójfazowego symetrycznego skojarzonego w gwiazdę i trójkąt, wykres wskazowy, wnioski.
- Stany awaryjne uzwojenia trójfazowego skojarzonego w gwiazdę i trójkąt, przerwa i zwarcie w jednej z faz, wykres wskazowy, wnioski.
- Układy trójfazowe niesymetryczne. Wyznaczenie poszczególnych napięć i prądów fazowych odbiornika oraz napięcia $U_{N-N'}$,
- Moc w układach trójfazowych symetrycznych i niesymetrycznych. Pomiar mocy w układach trójfazowych trójprzewodowych i czteroprzewodowych symetrycznych i niesymetrycznych, zależność między mocą odbiornika skojarzonego w gwiazdę i trójkąt.
- Układ Arona do pomiaru mocy.
- Sieci niskiego napięcia: TN-S, TN-C, TN-C-S, TT, IT.
- Rozwiązywanie zadań obwodów trójfazowych.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie rozróżnia prądu stałego od przemiennego; nie zna pojęcia częstotliwości.
- **Dopuszczający (2):** uczeń musi opanować najbardziej podstawowe pojęcia i klasyfikacje:

Parametry AC i elementy RLC: Definiuje podstawowe pojęcia takie jak okres (T), częstotliwość (f), prędkość kątowna (ω) oraz podaje podstawowe jednostki wielkości elektrycznych. Rozróżnia elementy rezystancyjne (R), indukcyjne (L) i pojemnościowe (C) w obwodzie prądu zmiennego. Metoda symboliczna: Zna definicję liczby zespolonej i ma świadomość, że służy ona do matematycznego zapisu i opisu wielkości sinusoidalnych w elektrotechnice. Rezonanse i filtry: Definiuje zjawisko rezonansu napięć (w układzie szeregowym RLC) oraz rezonansu prądów (w układzie równoległym RLC). Wymienia podstawowe rodzaje filtrów pasywnych (R-C, R-L, L-C): dolnoprzepustowe, górnoprzepustowe, środkowoprzepustowe i środkowozaporowe. Moc i gospodarka energetyczna: Rozróżnia rodzaje mocy w obwodach AC: czynną (P), bierną (Q) i pozorną (S) oraz podaje ich jednostki (W, var, VA). Zna pojęcie współczynnika mocy ($\cos(\varphi)$). Układy trójfazowe i sieci: Podaje definicję układu trójfazowego i rozróżnia układy 3, 4, i 5-przewodowe. Zna oznaczenia i kolory poszczególnych faz ($L1, L2, L3$) oraz przewodów (N, PE, PEN). Rozpoznaje skróty i symbole sieci niskiego napięcia: (TN-C, TN-S, TN-C-S, TT, IT). Przelicza okres na częstotliwość ($f = \{1\}/\{T\}$); definiuje wartość skuteczną napięcia.

- Dostateczny (3):** uczeń musi wykonywać proste obliczenia i stosować podstawowe zależności: Parametry AC i elementy RLC: Wyjaśnia różnice pomiędzy wartością chwilową, maksymalną (amplitudą), skuteczną oraz średnią przebiegu. Zapisuje podstawowe wzory na reaktancję indukcyjną ($X_L = \omega L$) oraz reaktancję pojemnościową ($X_C = \{1\}/\{\omega C\}$) i oblicza je w prostych zadaniach. Wskazuje przesunięcie fazowe między napięciem a prądem dla odbiornika (R, L, C). Metoda symboliczna: Przedstawia liczbę zespoloną w trzech postaciach: algebraicznej, trygonometrycznej oraz wykładniczej. Wykonuje podstawowe działania na liczbach zespolonych, takie jak dodawanie i odejmowanie w postaci algebraicznej. Rezonanse i filtry: Podaje matematyczny warunek rezonansu dla obwodu szeregowego ($X_L = X_C$) oraz równoległego ($B_L = B_C$). Oblicza podstawową częstotliwość rezonansową ($f_{\{r\}}$) z wykorzystaniem wzoru Thomsona. Wskazuje pasmo przenoszenia na gotowych, przykładowych charakterystykach filtrów. Moc i gospodarka energetyczna: Rysuje trójkąt mocy i stosuje podstawowe zależności Pitagorasa i trygonometryczne między (P, Q, S). Oblicza moce odbiornika o czystym charakterze (R, XL, XC) w prostych układach. Identyfikuje taryfy energetyczne grupy G jako taryfy dla gospodarstw domowych oraz wie, do czego służą kody OBIS na licznikach. Układy trójfazowe i sieci: Definiuje pojęcia: napięcie fazowe, napięcie przewodowe, prąd fazowy i prąd liniowy. Rozróżnia układ symetryczny od niesymetrycznego. Identyfikuje na tabliczce zaciskowej odbiornika trójfazowego oznaczenia początków i końców uzwojeń oraz schemat skojarzenia w gwiazdę (Y) i trójkąt (Δ). Wskazuje, jak bezpiecznie podłączyć odbiornik jedno- i trójfazowy do danej sieci niskiego napięcia. Oblicza reaktancję XL oraz XC ; wyznacza impedancję obwodu szeregowego RLC.
- Dobry (4):** uczeń musi sprawnie analizować układy i samodzielnie wyprowadzać podstawowe zależności: Parametry AC i elementy RLC: Oblicza wartość średnią i skuteczną dla podstawowych przebiegów okresowych (sinusoidalnego, prostokątnego oraz trójkątnego). Rysuje wykresy czasowe i wskazowe napięć oraz prądów dla dwójników (RC) oraz (RL). Definiuje, rozróżnia i oblicza pojęcia: rezystancja, konduktancja, reaktancja, susceptancja, impedancja (Z) oraz admitancja (Y). Metoda symboliczna: Sprawnie przelicza zależności między poszczególnymi postaciami liczby zespolonej oraz wykonuje na nich działania mnożenia i dzielenia (w postaci wykładniczej/trygonometrycznej). Zapisuje impedancję i emitancję dwójnika szeregowego i równoległego (R-L-C) w postaci symbolicznej. Rezonanse i filtry: Charakteryzuje idealny obwód rezonansowy szeregowy i równoległy. Rysuje i analizuje wykresy częstotliwościowe dla układu szeregowego ($XL=f(f), XC=f(f), I=f(f), UL=f(f), UC=f(f), U=f(f), Z=f(f), \varphi=f(f)$) oraz równoległego ($BL=f(f), BC=f(f), U=f(f), IL=f(f), IC=f(f), I=f(f), Y=f(f)$). Określa charakter obwodu dla częstotliwości ($f < fr$), ($f = fr$) oraz ($f > fr$). Oblicza impedancję falową, dobroć obwodu rezonansowego (Q), selektywność oraz szerokość pasma. Wyjaśnia zjawiska przepięć i przetężeń oraz rysuje charakterystyki częstotliwościowe i pasmo przenoszenia dla pasywnych filtrów (R-C, R-L, L-C). Moc i gospodarka energetyczna: Oblicza moc (P, Q, S) w układach mieszanych prądu sinusoidalnego. Wyjaśnia cel i ekonomiczne znaczenie poprawy współczynnika mocy, rysując odpowiedni wykres wskazowy. Wyprowadza wzór na pojemność (C) kondensatora potrzebnego do kompensacji mocy biernej.

Analizuje zależność między $\cos(\varphi)$ i $\tan(\varphi)$ w układach elektroenergetycznych. Dokonuje charakterystyki taryf grupy G (oznaczenia, zasady) oraz przypisuje unikalne numery kodów OBIS do parametrów rejestrowanych przez liczniki. Układy trójfazowe i sieci: Wyprowadza matematyczne relacje między wartościami przewodowymi a fazowymi prądów i napięć dla układu gwiazdy i trójkąta. Zapisuje równania na wartość chwilową napięć fazowych generatora oraz odbiornika symetrycznego, a także wartości skuteczne napięć przewodowych w zapisie symbolicznym. Rysuje wykres wskazowy napięć i prądów w układzie symetrycznym odbiornika skojarzonego w (Y) i (Δ). Oblicza moc w układach trójfazowych symetrycznych i zna zależność mocy przy przełączaniu gwiazda-trójkąt. Wyznacza moc czynną, bierną i pozorną; rysuje wykresy wskazowe; opisuje warunki rezonansu.

- Bardzo dobry (5):** uczeń musi rozwiązywać złożone zadania problemowe i analizować stany nieustalone/awaryjne: Parametry AC i elementy RLC: Oblicza wartość średnią i skuteczną przebiegów sinusoidalnych wyprostowanych jednopółkowo oraz całofalowo. Wyjaśnia zasadę pomiaru wartości średniej i skutecznej miernikiem magnetoelektrycznym. Wyznacza matematycznie współczynnik kształtu przebiegu mierzonego oraz współczynnik szczytu. Metoda symboliczna: Kompleksowo rozwiązuje zadania obwodów prądu sinusoidalnie zmiennego metodą symboliczną – oblicza impedancję zastępczą oraz pełną odpowiedź układu (napięcia, prądy, moce). Konstruuje wykresy wskazowe odpowiedzi napięć i prądów na wymuszenie sinusoidalnie zmiennie dla dowolnego układu rozgałęzionego. Rezonanse i filtry: Wskazuje różnice i charakteryzuje rzeczywisty obwód rezonansowy szeregowy i równoległy (uwzględniający rezystancje strat). Oblicza częstotliwość rezonansową dla dowolnego układu RLC. Wyznacza charakterystyki filtrów pasywnych oraz oblicza wzmocnienie i tłumienie napięciowe, prądowe i mocy w jednostkach liniowych (V/V, A/A, W/W) oraz sprawnie przelicza je na decybele (dB) w zadaniach. Moc i gospodarka energetyczna: Definiuje moc chwilową w obwodach AC i rysuje jej wykresy czasowe dla odbiorników o charakterze (R, XL, XC) , wyciągając wnioski. Wyjaśnia pojęcie mocy dystorsji, rysuje prostopadłościan mocy oraz analizuje zależności z niego wynikające. Definiuje i interpretuje współczynnik zniekształceń harmonicznym THD. Układy trójfazowe i sieci: Analizuje układy trójfazowe niesymetryczne: wyznacza poszczególne napięcia i prądy fazowe odbiornika, prąd w przewodzie neutralnym oraz oblicza potencjał i napięcie punktu neutralnego ($U_{N-N'}$). Kompleksowo analizuje stany awaryjne uzwojenia trójfazowego (przerwa i zwarcie w jednej z faz) skojarzonego w (Y) i (Δ), rysując odpowiednie wykresy wskazowe. Wyjaśnia skutki zamiany początku z końcem dowolnego uzwojenia odbiornika symetrycznego. Opisuje metody pomiaru mocy w układach trójfazowych trój- i czteroprzewodowych (symetrycznych i niesymetrycznych), w tym szczegółowo charakteryzuje i stosuje układ Arona. Przelicza wielkości w układach trójfazowych (Y/Delta); projektuje układ kompensacji mocy biernej.
- Celujący (6):** uczeń musi wykazać się umiejętnościami wykraczającymi poza standardowe schematy i łączyć wiedzę z różnych działów: Parametry AC i elementy RLC: Stosuje rozwinięcie w szereg Fouriera do analizy odkształconych sygnałów okresowych i wyznacza wypadkową wartość skuteczną dowolnego sygnału na podstawie jego widma wyższych harmonicznym. Metoda symboliczna: Samodzielnie analizuje skomplikowane i nietypowe układy wielooczkowe i mieszane metodą symboliczną, wyznaczając stany pracy obwodu przy jednoczesnych zmianach parametrów wielu elementów składowych. Rezonanse i filtry: Projektuje układ filtracji lub rezonansu o ściśle zadanych parametrach selektywności, dobroci i tłumienia, wykazując się pełnym zrozumieniem zjawisk w rzeczywistych zastosowaniach przemysłowych. Moc i gospodarka energetyczna: Przeprowadza pełną analizę energetyczno-ekonomiczną zasilania obiektu, optymalizując dobór pojemności baterii kondensatorów (z uwzględnieniem wyższych harmonicznym i mocy dystorsji) oraz dokonuje wyboru optymalnej taryfy z grupy G na podstawie profili zużycia i wskazań kodów OBIS. Układy trójfazowe i sieci: Rozwiązuje najbardziej złożone zadania obliczeniowe z obwodów trójfazowych niesymetrycznych przy jednoczesnym wystąpieniu krytycznych stanów awaryjnych (np. przerwa w przewodzie neutralnym przy mocno niesymetrycznym obciążeniu) i interpretuje te zjawiska wektorowo w kontekście ochrony przeciwporażeniowej i bezpieczeństwa w konkretnych typach sieci (TN/TT/IT). Przeprowadza pełną analizę obwodów odgałęzionych AC z użyciem liczb zespolonych.

Dział 5: Elementy i układy elektroniczne analogowe oraz cyfrowe

- **Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi):** wyjaśnić działanie elektrycznych elementów sterowania stycznikowo-przełącznikowego: styczników, przełączników, przełączników czasowych; rozróżnić symbole graficzne na schematach ideowych i montażowych; zidentyfikować symbole graficzne elementów elektronicznych; rozpoznać symbole stosowane na schematach ideowych i montażowych układów elektronicznych; określić parametry elementów oraz układów elektronicznych; scharakteryzować funkcje podzespołów.
- **Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi):** objaśnić działanie styczników, przełączników, przełączników czasowych; scharakteryzować parametry elementów elektronicznych; określić funkcje elementów i układów elektronicznych na podstawie dokumentacji technicznej; zastosować normy dotyczące dokumentacji technicznej.

Treści nauczania

Elementy półprzewodnikowe:

- Dioda prostownicza, charakterystyki pracy, schematy zastępcze, równanie diody, polaryzacja. Charakterystyka logarytmiczna. Sprawdzenie diody. Rodzaje diod, symbole, zastosowanie, charakterystyka (dioda Zenera, pojemnościowa, tunelowa, impulsowa, Schotkiego).
- Własności półprzewodników, charakterystyka. Półprzewodnik typu n, p. Złącze p-n. Model strukturalny, oznaczenie tranzystora n-p-n i p-n-p, modele diodowe. Budowa, właściwości tranzystora bipolarnego BJT, zasada działania, sterowanie. Oznaczenia, parametry katalogowe tranzystorów, przykładowe wartości.
- Tranzystory polowe. Podział, sterowanie, symbole, charakterystyki pracy, wzmocnienie, własności, zastosowanie (JFET, MOSFET, MISFET z kanałem wzbogaconym, zubożonym typu n, p). Tranzystory unipolarne mocy, podział, nazewnictwo, oznaczenia, charakterystyka, własności, charakterystyki przejściowe i wyjściowe, charakterystyki czasowe, działanie.
- Tranzystor JGBT, symbol, charakterystyka, własności, charakterystyka przejściowa i wyjściowa, porównanie z BJT i MOSFET, zestawienie parametrów. Tranzystor SIT.
- Elementy i podzespoły optoelektroniczne, wskaźniki LED i ciekłokrystaliczne, fotodiody, fotorezystory, fototranzystory, fototyristory, diody LED, transoptory. Własności, charakterystyka, symbole, parametry, zastosowanie.
- Układy prostownikowe niesterowane. Prostowniki niesterowalne, M1, M2, B2, M3, B6, układy pracy, parametry, wartość średnia, skuteczna, napięcie tętnień, współczynnik tętnień, sprawność napięciowa, prądowa, mocy, kąt przewodzenia własności, charakterystyka, charakterystyki pracy dla obciążenia R, L, RC, RL, RLC analiza, porównanie. Kąt komutacji. Modyfikacje B2.
- Filtry prostownicze, R-C, R-L, R-L-C typu T, Π , dolnoprzepustowy, górnoprzepustowy, pasmowy, środkowo zaporowy, charakterystyka, własności, parametry, zastosowanie, układy pracy, charakterystyki częstotliwościowe.
- Powtórzenie i utrwalenie materiału.
- Sprawdzenie tranzystora n-p-n i p-n-p omomierzem analogowym, cyfrowym, wyznaczenie B, E, C , pomiar h_{21} . Sprawdzenie tranzystorów polowych. Polaryzacja, stany pracy tranzystora, właściwości, charakterystyka, analiza, schematy zastępcze. Tranzystor jako dioda, układy pracy, właściwości. Parametry graniczne tranzystora.
- Konfiguracja i charakterystyka układów OE, OB, OC, rozływ prądów, wyprowadzenie wzoru na prąd kolektora, wzmocnienie prądowe h_{21} , β , α , parametry, zastosowanie, porównanie. Obliczanie I_B , I_C , wyznaczanie współczynnika wzmocnienia prądowego, sprawdzenie zakresu pracy tranzystora – zadania.

- Rodziny charakterystyk tranzystora w układzie OE, analiza. Parametry hybrydowe. Wybór punktu pracy na charakterystyce wejściowej i wyjściowej, graficzne wyznaczenie punktu pracy, warunki prawidłowego wyboru punktu pracy, własności, charakterystyka, dynamika sygnału, obliczanie punktu pracy, prosta obciążenia, analiza. Tranzystor jako przełącznik w układach impulsowych, analiza, właściwości, charakterystyka.
- Wtórnik emiterowy z zasilaniem symetrycznym i niesymetrycznym, parametry, własności, zastosowanie, analiza, odpowiedź układu na wymuszenie sinusoidalne.
- Układy polaryzacji tranzystorów. Zasada działania wzmacniacza. Analiza stałoprądowa. Analiza zmiennoprądowa. Tranzystor w układzie potencjometrycznego zasilania bazy.
- Analiza tranzystora z wykorzystaniem programu komputerowego (Workbench, Multisim, Elektrosim, Pspice), zdejmowanie charakterystyk tranzystora metodą punkt po punkcie oraz metodą oscyloskopową.
- Moc strat tranzystora, moc odbiornika, minimalna rezystancja obciążenia, maksymalne napięcie zasilania, charakterystyki, $P_o = f(U_{CE})$, analiza, zadania. Wzmacnianie napięć, analiza charakterystyki $U_c = f(U_b)$ dla sygnału zmiennego na wejściu. Rezystancja dopasowania impedancyjnego, optymalna wzmacniaczy mocy
- Wpływ temperatury na parametry tranzystora Si, Ge, stałość punktu pracy, współczynniki stałości, charakterystyki tranzystora w funkcji temperatury, analiza, własności.
- Sprzężenie zwrotne, definicja, rodzaje, podział, własności. Własności sprzężenia zwrotnego ujemnego. Układy pracy z sprzężeniem zwrotnym, rodzaje, schematy blokowe, własności, analiza, parametry (K_u , K_i , Z_{we} , Z_{wy}).
- Charakterystyka przejściowa wzmacniacza, dynamika sygnału, zakres dynamiki, szумы własne, napięcie przesterowania, zakłócenia, zniekształcenia.
- Zniekształcenia nieliniowe, przyczyny, własności, analiza, charakterystyki $h = f(f)$, $h = f(U_{we})$. Zniekształcenia liniowe, przyczyny, podział, własności, analiza.
- Wyznaczenie sygnału wyjściowego w układzie blokowym w pętli sprzężenia zwrotnego ujemnego z uwzględnieniem zakłóceń zewnętrznych. Analiza, własności zakłóceń wprowadzanych w ostatnim stopniu wzmacniającym. Analiza i porównanie wzmacniaczy lampowych i tranzystorowych.
- Wzmocnienie napięciowe, prądowe i mocy w mierze bezwymiarowej oraz w dB, zadania.
- Niestabilność pracy wzmacniacza, analiza, charakterystyki fazowe. Zniekształcenia THD, współczynnik zniekształceń całkowitych i zawartości harmonicznnych, własności szeregu Fouriera, własności harmonicznnych parzystych i nieparzystych, charakterystyki $h = f(U_{wy})$, $h = f(U_{we})$, pomiar.
- Schematy wzmacniaczy tranzystorowych w układach z sprzężeniem zwrotnym, własności, analiza, współczynnik stabilizacji.
- Rezystancja wejściowa i wyjściowa wzmacniacza, analiza, pomiar. Projektowanie wtórnika emiterowego, wzmacniacza OE.
- Określenie sygnału wyjściowego na wymuszenie sinusoidalne w różnych układach pracy wzmacniacza (rysowanie przebiegu wyjściowego).
- Wyznaczenie rezystancji wejściowej, wyjściowej, wzmocnienia prądowego, napięciowego pojedynczego stopnia wzmacniającego, kilku stopni wzmacniających z tranzystorami BJT.
- Układy pracy wzmacniacza OE dla sygnałów zmiennych, analiza, własności. Analiza pracy wzmacniaczy pod względem współczynnika stabilności punktu pracy w różnych układach, własności, charakterystyka, zmniejszenie niestabilności.
- Kompensacja temperaturowa tranzystorów krzemowych i germanowych za pomocą diod prostowniczych, układy pracy, własności, analiza.
- Źródła prądowe, własności, analiza, przykłady. Lustra prądowe na tranzystorach n-p-n, p-n-p, układy pracy, własności, analiza, współczynnik powtarzalności prądu, efekt Earlego.

- Tranzystory w układzie Darlingtona, układy pracy na tranzystorach n-p-n, p-n-p, parze komplementarnej, zalety, wady, wyznaczenie wzmocnienia prądowego.
- Wzmacniacz różnicowy, układy pracy, działanie, własności, parametry, charakterystyka, zastosowanie, sterowanie symetryczne, niesymetryczne, charakterystyka $I_c = f(U_{we})$, wzmocnienie różnicowe, sumacyjne, współczynnik CMRR, stabilizacja punktu pracy, napięcie niezrównoważenia, układy pracy wzmacniaczy różnicowych: o zwiększonej impedancji wejściowej, z obciążeniem aktywnym, w układzie wzmacniacza szerokopasmowego, kaskoda, w układzie ogranicznika napięciowego, w układzie mnożącym.
- Własności wzmacniacza w układzie OE w zależności od częstotliwości, wpływ pojemności szeregowych, równoległych, efekt Millera, charakterystyka częstotliwościowa, praca w zakresie m.cz, w.cz, określenie częstotliwości dolnej i górnej. Pole wzmocnienia wzmacniacza, własności, zadania. Korekcja wzmacniacza w zakresie m.cz, w.cz, układy pracy, analiza, charakterystyki częstotliwościowe. Wyznaczenie częstotliwości dolnej i górnej wzmacniacza wielostopniowego złożonego z n jednakowych stopni wzmacniających.
- Powtórzenie i utrwalenie materiału.
- Wzmacniacze selektywne, szerokopasmowe. Kaskoda.
- Wzmacniacz mocy, własności, charakterystyki pracy, parametry. Punkt pracy wzmacniacza klasy A, B, AB, C, własności, charakterystyka.
- Wzmacniacz klasy B, działanie, analiza, własności, zniekształcenia skrośne, parametry, układy pracy przy zasilaniu symetrycznym i niesymetrycznym, sprawdzenie. Wzmacniacz klasy AB, działanie, analiza, własności, parametry, układy pracy. Obwody polaryzacji stopnia wyjściowego, sterowanie. Kompensacja prądu spoczynkowego tranzystora mocy, warunki, układy pracy, analiza. Wzmacniacze mocy w układzie zabezpieczającym przed skutkami zwarcia wyjścia, w układzie o zwiększonej wydajności prądowej.
- Wzmacniacz klasy D, schemat blokowy wzmacniacza, własności, działanie, zastosowanie. Tendencje rozwojowe wzmacniaczy mocy, wzmacniacze klasy G, H.
- Wzmacniacze mostkowe BTL, schemat blokowy, stopień wyjściowy z włączonym obciążeniem, własności, charakterystyka, zastosowanie. Wyznaczenie mocy maksymalnej wzmacniaczy mocy, wzmacniaczy BTL przy zasilaniu symetrycznym i niesymetrycznym.

Układy analogowe:

- Prostowniki jedno- i dwupołówkowe (mostek Graetza); filtry pojemnościowe; wzmacniacze operacyjne (układ odwracający, nieodwracający, komparator napięcia). Wzmacniacze operacyjne, własności, parametry, charakterystyka, zastosowanie. Układy pracy wzmacniaczy operacyjnych, wyznaczenia napięcia wyjściowego, wzmacniacz odwracający fazę i nieodwracający fazę dla wzmocnienia napięciowego idealnego i skończonego, wzmacniacz sumujący, odejmujący, różniczkujący i całkujący dla różnych wymuszeń (rysowanie odpowiedzi układy dla różnych wymuszeń i stałej czasowej).
- Wzmacniacz operacyjny w układzie filtru dolnoprzepustowego, górnoprzepustowego, środkowoprzepustowego, środkowo zaporowego, wzmacniacz operacyjny w układach przetworników prąd-napięcie, napięcie-prąd, prostownik aktywny jednopołówkowy, dwupołówkowy, układ logarytmujący, algorytmujący, przesuwnik fazowy.
- Zabezpieczenia wzmacniaczy operacyjnych. Sposoby zerowania wzmacniaczy operacyjnych.
- Powtórzenie i utrwalenie przerobionego materiału.
- Zasilacze stabilizowane, schemat blokowy, charakterystyki idealne i rzeczywiste, $U_{wy} = f(U_{we})$, $U_{wy} = f(I_{wy})$. Stabilizator z diodą Zenera, charakterystyki i parametry diody, współczynniki stabilizacji, charakterystyki pracy, max prąd obciążenia w zakresie stabilizacji, prąd zwarcia, własności, charakterystyka.
- Stabilizator w układzie wtórnika emiterowego, charakterystyki pracy, max prąd i moc obciążenia w zakresie stabilizacji, prąd, moc zwarcia, własności, charakterystyka. Stabilizatory kompensacyjne z zewnętrzną pętlą sprzężenia zwrotnego, układy pracy, działanie, napięcie wyjściowe, analiza, własności.

- Stabilizatory scalone napięcia dodatniego i ujemnego, własności charakterystyka, wyznaczenie współczynnika tętnień, obliczenia zasilacza stabilizowanego. Wykorzystanie stabilizatorów do stabilizacji napięcia o przeciwnej polaryzacji.

Zabezpieczenia przeciążeniowe stabilizatorów, układy rozwiązań. Zwiększenie zakresu prądowego stabilizatorów scalonych, zadania. Stabilizatory o regulowanej wartości napięcia wyjściowego.

Podstawy elektroniki cyfrowej:

- Klasyfikacja cyfrowych układów scalonych(SSI, MSI, LSI, VLSI).
- Układy DTL, ECL, I²L, CTD, CMOS(własności, charakterystyka).
- Wartości napięć na wejściu i wyjściu układów TTL.
- Bramka UCY 7400. Struktura wewnętrzna, zasada działania. Wartości prądów na wejściu i wyjściu, charakterystyka wejściowa, przejściowa, obciążeniowa dla bramki wyłączonej i załączonej na wejściu, poboru prądu.
- Zasady łączenia wejść i wyjść bramek.
- Czas przełączenia bramki.
- Margines zakłóceń.
- Układy opóźnienia czasowego.
- Czas propagacji.
- Zasilanie układów cyfrowych.
- Sterowanie LED.
- Próbnik stanów logicznych.
- Bramka Schmitta, przerzutnik Schmitta w układzie analogowym(działanie charakterystyki pracy, napięcia progowe).
- Bramka Nand w układzie Schmitta.
- Bramka trójstanowa.
- Bramka OC, realizacja funkcji na bramkach OC – zadania.
- Wyznaczenie rezystancji obciążenia(min i max) bramki OC.
- Bramki OC (oznaczenia, parametry, własności, zastosowanie).
- Oznaczenia cyfrowe rodzin układów TTL(L, H, S, LS, F, AS, ALS).
- Technika CMOS (charakterystyki i oznaczenia tranzystorów polowych).
- Inwertor CMOS(charakterystyka pracy, działanie).
- Własności układów CMOS, podział, parametry(seria 4000, 74HC, 74AC, 74ACT, 74LVC). Porównanie z układami TTL.
- Bramka NAND w technice unipolarnej.
- Buforowanie bramek.
- Współpraca układów TTL i CMOS, sprzężenie TTL-CMOS, CMOS-TTL, konwertery napięć(translatory).
- Współpraca układów kombinacyjnych ze stykami. Powstawanie drgań.
- Przerzutniki asynchroniczne RS, SR.
- Przerzutnik w pracy przełącznikowej.
- Przerzutniki synchroniczne(D, T, JK, RS).
- Układy pracy przerzutnika D.
- Konwersja przerzutników(tablice wzbudzeń - zadania).
- Przerzutniku Latch-zatrask.
- Liczniki(podział, charakterystyka, własności, parametry).
- Wykresy czasowe liczników na przerzutnikach.
- Skracanie cyklu zliczania liczników (wykorzystanie wejścia reset, poprzez zmianę warunku początkowego - zadania).
- Synteza liczników asynchronicznych metodą rozkładu N na czynniki(licznik modulo $2n+1$, zadania).
- Liczniki scalone(7490 w kodzie 8421, 5421, 7492, 7493).

- Skracanie cyklu zliczania liczników scalonych 7490, 7492, 7493(w układzie szeregowym tego samego typu jak i liczników różnych typów – zadania).
- Łączenie równoległe liczników scalonych(zadania).
- Projektowanie liczników.
- Liczniki synchroniczne z przeniesieniem szeregowym i równoległym.
- Porównanie liczników asynchronicznych i synchronicznych.
- Liczniki synchroniczne jednokierunkowe, dwukierunkowe(parametry).
- Liczniki rewersyjne.
- Programowalny dzielnik częstotliwości na 193.
- Liczniki CMOS.
- Rejestry(podział, własności, charakterystyka, parametry, zastosowanie).
- Rejestry szeregowe i równoległe.
- Rejestry scalone 74164, 74174 74165, 194, 198.
- Licznik Johnsona.
- Układy kombinacyjne(multipleksery, demultipleksery.
- Układy scalone multiplekserów 150, 151,153 i demultiplekserów.
- Realizacja funkcji na multiplekserach i demultiplekserach – zadania.
- Transmisja danych w układzie multiplekser, demultiplekser.
- Półsumator, sumator, substraktor, dodawanie i odejmowanie z przeniesieniem i pożyczką.
- Sumator scalony 7483.
- Realizacja odejmowania na sumatorze 7483.
- Zadania z wykorzystaniem sumatora.
- Sumator w układzie akumulatora.
- Sumator BCD.
- Konwertery kodów, układy scalone(kodery, dekodery, enkodery, trankodery – zadania).
- Transkoder 7447(przeznaczenie wejść LT, RBI, BI/RBO, wyświetlanie litery E(Error, modyfikacja 6 i 9, układ 4 cyfrowego pola odczytowego).
- Zjawisko hazardu(hazard statyczny, dynamiczny, likwidacja hazardu, miejsce wystąpienia hazardu – zadania).
- Układy uzależnień czasowych. Przerzutnik 121 i 123. Realizacja przerzutników astabilnych, bistabilnych i monostabilnych – zadania.
- Układ czasowy ULY7855(schemat funkcjonalny, realizacja układu monostabilnego i astabilnego).

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie odróżnia diody od rezystora; nie zna podstawowych bramek logicznych.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń potrafi zidentyfikować i wskazać podstawowe komponenty, symbole oraz ogólne przeznaczenie bloków funkcjonalnych. W obszarze analogowym: Rozpoznaje na schematach prostowniki jedno- i dwupołwkowe (w tym mostek Graetza), filtr pojemnościowy oraz wyprowadzenia wzmacniacza operacyjnego (wejścia $V(+)$, $V(-)$ i wyjście). Wskazuje podstawowe zastosowanie diody Zenera oraz scalonych stabilizatorów napięcia. Rozróżnia filtry dolno- i górnoprzepustowe na podstawie ich nazwy. W obszarze cyfrowym: Definiuje stany logiczne (0 i 1). Zna tabele prawdy podstawowych bramek logicznych (AND, OR, NOT, NAND, NOR, XOR). Wyjaśnia skróty klasyfikacji skali integracji układów scalonych (SSI, MSI, LSI, VLSI). W obszarze układów sekwencyjnych i wskaźników: Rozpoznaje na schemacie podstawowe symbole przerzutników (RS, D, T, JK), liczników, rejestrów oraz identyfikuje wyprowadzenia wyświetlacza 7-segmentowego. Wskazuje kierunek przewodzenia diody; rozpoznaje bramki AND, OR, NOT na schemacie.
- **Dostateczny (3):** Uczeń rozumie podstawowe zasady działania układów i potrafi zastosować gotowe, standardowe wzory do prostych obliczeń w warunkach idealnych. W obszarze analogowym: Zna parametry idealnego wzmacniacza operacyjnego i oblicza wzmocnienie napięciowe dla idealnego układu odwracającego oraz nieodwracającego.

Rysuje idealne charakterystyki stabilizatora napięcia ($U_{wy}=f(U_{we})$) oraz ($U_{wy}=f(I_{wy})$). Wyjaśnia, jak kondensator wygładza tętnienia w zasilaczu. W obszarze cyfrowym: Podaje standardowe wartości napięć wejściowych i wyjściowych dla klasycznej rodziny TTL (zasilanie 5V). Definiuje podstawowe parametry dynamiczne i pasywne bramek: czas propagacji, czas przełączenia oraz margines zakłóceń. W obszarze układów sekwencyjnych i wskaźników: Wyjaśnia różnicę między pracą asynchroniczną a synchroniczną, a także zasadę działania zatrasku (Latch). Rysuje proste przebiegi czasowe liczników asynchronicznych o długości cyklu będącej potęgą dwójki (np. modulo 4 lub 8). Objaśnia funkcje podstawowych pinów transkodera 7447 (takich jak wejście testu wyświetlacza (LT) czy wygaszania (RBI)). Rozróżnia podstawowe konfiguracje rejestrów (SISO, SIPO, PISO, PIPO). Opisuje działanie prostownika dwupołówkowego; wyjaśnia zasadę pracy tranzystora jako klucza elektronicznego.

- Dobry (4):** Uczeń potrafi samodzielnie analizować złożone schematy, interpretować charakterystyki rzeczywiste elementów oraz rozwiązywać standardowe zadania projektowe. W obszarze analogowym: Analiza sygnałowa: Rysuje dokładne przebiegi wyjściowe wzmacniacza całkującego i różniczkującego dla wymuszeń prostokątnych i skokowych przy określonej stałej czasowej (T). Układy nieliniowe i przetworniki: Tłumaczy zasadę działania komparatora napięcia, prostownika aktywnego oraz przetworników prąd-napięcie (I/U) i napięcie-prąd (U/I). Zasilacze i stabilizatory: Przeprowadza pełne obliczenia parametrycznego stabilizatora z diodą Zenera (dobór rezystora szeregowego, wyznaczenie maksymalnego prądu obciążenia, prądu zwarcia). Wyjaśnia strukturę i działanie stabilizatora w układzie wtórnika emiterowego oraz stabilizatora kompensacyjnego z pętlą sprzężenia zwrotnego. Zna fizyczne metody zerowania (kompensacji) napięcia niezrównoważenia oraz sposoby zabezpieczeń wzmacniaczy operacyjnych. W obszarze cyfrowym: Struktura TTL: Analizuje szczegółowo strukturę wewnętrzną bramki UCY7400 (rola tranzystora wieloemiterowego, stopnia sterującego i wyjścia typu totem-pole). Interpretuje jej charakterystyki przejściowe, wejściowe i obciążeniowe dla stanu włączonego i wyłączonego. Konfiguracje wyjść: Wyjaśnia zasady działania, oznaczenia i zastosowanie bramek z otwartym kolektorem (OC) oraz wyjściem trójstanowym (3-state). Projektuje układ z bramką OC i oblicza dla niej minimalną oraz maksymalną wartość rezystora podciągającego (pull-up). Interfejsy i styk mechaniczny: Wyjaśnia mechanizm powstawania drgań styków i projektuje układ ich eliminacji z wykorzystaniem przerzutnika RS lub bramki Schmitta. Opisuje zasady bezpośredniej współpracy oraz metody sprzęgania struktur TTL i CMOS przy użyciu translatorów poziomów napięć. W obszarze układów sekwencyjnych i czasowych: Skracanie cyklu zliczania: Samodzielnie modyfikuje cykl zliczania liczników scalonych (7490, 7492, 7493) do dowolnego, zadanego modulo, wykorzystując asynchroniczne wejścia zerujące (Reset) lub zmianę stanu początkowego. Układy kombinacyjne: Realizuje dowolne funkcje logiczne z wykorzystaniem struktur multiplexerów (np. 74151) i demultiplexerów. Opisuje proces sterowania diodami LED i zasadę próbników stanu logicznego. Analizuje układy ze wzmacniaczem operacyjnym (komparator, wzmacniacz odwracający); tworzy tablice prawdy dla układów bramek.
- Bardzo dobry (5):** Uczeń/student wykazuje się pełną samodzielnością inżynierską. Potrafi projektować od podstaw systemy elektroniczne, uwzględniać parametry nieliniowe i rzeczywiste oraz eliminować błędy transmisji i hazardu. W obszarze analogowym: Rzeczywiste wzmacniacze: Wyznacza napięcie wyjściowe dla układów odwracających, nieodwracających, sumujących i odejmujących przy uwzględnieniu skończonego wzmocnienia napięciowego wzmacniacza operacyjnego w otwartej pętli. Filtry i układy zaawansowane: Analizuje i projektuje aktywne filtry wyższych rzędów (dolno-, górno-, środkowoprzepustowe oraz środkowozaporowe), a także przesuwniki fazowe. Wyjaśnia matematycznie operacje w układach logarytmujących i antylogarytmujących opartych na złączach p-n. Zasilacze zaawansowane: Projektuje kompletny zasilacz stabilizowany na bazie stabilizatorów scalonych dodatnich/ujemnych (wyznacza współczynnik tętnień, oblicza układy zwiększające wydajność prądową na zewnętrznym tranzystorze, projektuje układy regulacji napięcia oraz zabezpieczenia przeciążeniowe). Wykorzystuje stabilizatory do uzyskiwania napięć o przeciwnej polaryzacji.

W obszarze cyfrowym i czasowym: Synteza układów sekwencyjnych: Projektuje od podstaw liczniki synchroniczne (z przeniesieniem szeregowym lub równoległym) i asynchroniczne o dowolnym cyklu, przeprowadzając pełną konwersję przerzutników przy użyciu tablic wzbudzeń i minimalizacji funkcji w siatkach Karnaugh. Projektuje układy kaskadowego (szeregowego i równoległego) łączenia liczników scalonych różnych typów. Technologia CMOS: Analizuje strukturę i działanie inwertera CMOS, jego charakterystykę pracy oraz specyfikę poszczególnych serii (4000, 74HC, 74AC, 74ACT, 74LVC). Analizuje bramki NAND w technice unipolarnej i zasady buforowania bramek. Zjawisko hazardu: Diagnostyka miejsc występowania hazardu statycznego i dynamicznego w strukturach kombinacyjnych i dokonuje jego całkowitej eliminacji poprzez wprowadzenie pętli zakleszczających (składników redundantnych). Układy arytmetyczne: Projektuje układy dodające i odejmujące z przeniesieniem/pożyczką. Implementuje operację odejmowania w kodzie uzupełnieniowym (U2) przy użyciu sumatora scalonego 7483. Analizuje strukturę sumatora BCD i sumatora w układzie akumulatora. Układy uzależnień czasowych: Projektuje, analizuje i oblicza wartości elementów pasywnych (R , C) dla układów monostabilnych i astabilnych opartych na przerzutnikach 121, 123 oraz kultowym uniwersalnym układzie czasowym NE555 (ULY7855). Projektuje i wyjaśnia działanie rejestrów specjalnych, np. licznika Johnsona czy programowalnego dzielnika częstotliwości (np. na układzie 74193). Projektuje prosty układ analogowy (np. zasilacz stabilizowany) oraz minimalizuje funkcje logiczne.

- **Celujący (6):** Uczeń/student wykracza poza standardowy program nauczania, wykazując się biegłością badawczą, umiejętnością optymalizacji struktur i projektowania zaawansowanych systemów hybrydowych. Sprawnie projektuje i optymalizuje złożone, międzyplatformowe systemy hybrydowe (analogowo-cyfrowe). Przykładowo: potrafi zaprojektować wolne od hazardu, wielopunktowe pole odczytowe sprzężone z nieliniowymi przetwornikami analogowymi o wysokiej precyzji przetwarzania. Rozwiązuje niestandardowe problemy projektowe z uwzględnieniem (np. maksymalizacja szybkości propagacji impulsów i minimalizacja poboru prądu przy jednoczesnym zachowaniu szerokiego marginesu zakłóceń poprzez łączenie skrajnych technologicznie rodzin, np. ECL z niskoenergetycznymi CMOS serii LVC). Potrafi samodzielnie przeprowadzić pełną analizę stabilności i symulację stanów nieustalonych dla zasilaczy kompensacyjnych z niestandardowymi, zewnętrznymi pętlami sprzężeń zwrotnych i układami zabezpieczeń fold-back (z podcięciem prądu zwarcia). Projektuje i analizuje działanie dyskretnego układu sterowania analogowo-cyfrowego na podstawie założeń projektowych.

PRZEDMIOT 4: TECHNOLOGIE I KONSTRUKCJE

MECHANICZNE

Dział 1: Rysunek techniczny maszynowy i dokumentacja (ELM.06.3)

- **Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi):** wykonać rzutowanie, przekroje i wymiarowanie zgodnie z normami; zastosować zasady wymiarowania rysunkowego podczas wykonywania szkiców; zapisać na szkicu wymiary tolerowane, pasowanie, tolerancje geometryczne oraz geometryczną strukturę powierzchni (chropowatość); sporządzić szkice połączeń części maszyn; określić kształt, wymiary i parametry na podstawie szkiców; wyjaśnić pojęcie tolerancji wymiarów; rozróżnić i zastosować zasady tolerancji i pasowania; obliczyć podstawowe parametry dotyczące tolerancji i pasowania.
- **Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi):** uzasadnić dobór sposobu przedstawienia figur i brył; uzasadnić potrzebę tolerowania wymiarów; zinterpretować zapis pasowania, tolerancji geometrycznych, geometrycznej struktury powierzchni oraz oznaczeń sposobów obróbki na rysunku; sporządzić szkice części maszyn i rysunki złożeniowe; zinterpretować rysunek złożeniowy; dobrać rodzaj pasowania do współpracujących części.

Treści nauczania

- **Zasady odwzorowywania kształtów:** Rzutowanie prostokątne metodą europejską (E) wg norm ISO; rzuty aksonometryczne; widoki, przekroje (pełne, półprzekroje, częściowe, stopniowe), kłady wyciągnięte i miejscowe.
- **Wymiarowanie i tolerowanie wymiarów:** Zasady nanoszenia wymiarów; tolerancje swobodne i warsztatowe; pasowania w układzie stałego otworu i stałego wałka (pasowania luźne, mieszane, wciskowe); zapis pasowań wg systemu ISO (np. H7/g6, H7/p6).
- **Oznaczanie geometrii i stanu powierzchni:** Symbole i oznaczenia chropowatości (Ra, Rz); tolerancje geometryczne (kształtu, kierunku, położenia i bicia) na rysunkach wykonawczych i złożeniowych.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie rozróżnia podstawowych linii rysunkowych ani rzutów.
- **Dopuszczający (2):** Rozpoznaje rzuty prostokątne; odczytuje podstawowe wymiary z rysunku wykonawczego. Odczytuje wymiar nominalny, rozpoznaje linie konturowe i osiowe.
- **Dostateczny (3):** Rysuje widoki, przekroje i kłady wg metody europejskiej (E); stosuje zasady wymiarowania. Oblicza odchyłkę górną, dolną oraz tolerancję na podstawie zapisu np. 40/H7.
- **Dobry (4):** Odczytuje i nanosi tolerancje wymiarów, pasowania (np. H7/g6) oraz symbole chropowatości powierzchni (Ra, Rz). Określa rodzaj pasowania (luźne, mieszane, ciasne); poprawnie interpretuje symbole tolerancji walcowości lub bicia.
- **Bardzo dobry (5):** Interpretuje i nanosi pełne tolerancje geometryczne (kształtu, położenia, bicia) na rysunkach złożeniowych. Samodzielnie dobiera z tablic pasowań odpowiednie tolerancje dla wału i otworu w łożyskowaniu; bezbłędnie czyta rysunki złożeniowe.
- **Celujący (6):** Tworzy pełną dokumentację konstrukcyjną złożonego zespołu mechanicznego zgodnie z najnowszymi normami ISO. Samodzielnie projektuje rysunek wykonawczy złożonego stopnia przekładni z pełnym wymiarowaniem tolerancyjnym i chropowatościowym.

Dział 2: Materiałoznawstwo i obróbka materiałów

Treści nauczania

- **Materiały konstrukcyjne w mechatronice:** Stopy żelaza (stale konstrukcyjne, maszynowe, stopowe, staliwa, żeliwa szare i sferoidalne); metale nieżelazne i ich stopy (miedź, mosiądze, brązy, stopy aluminium i magnezu); tworzywa sztuczne (poliamid PA, teflon PTFE, tarmamid POM, ABS) oraz kompozyty.
- **Obróbka cieplna i cieplno-chemiczna:** Wpływ procesów na strukturę i właściwości mechaniczne (R_m , R_e , HV); hartowanie, odpuszczanie, wyżarzanie, ulepszanie cieplne; nawęglanie, azotowanie i hartowanie indukcyjne.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie odróżnia stali od tworzywa sztucznego.
- **Dopuszczający (2):** Wymienia podstawowe metale i tworzywa stosowane w mechatronice (stal, aluminium, PA, ABS).
- **Dostateczny (3):** Charakteryzuje właściwości stopów żelaza i metali nieżelaznych; opisuje cel hartowania i odpuszczania.
- **Dobry (4):** Dobiera materiały konstrukcyjne na podstawie parametrów (R_m , R_e); opisuje procesy nawęglania, azotowania i hartowania indukcyjnego.
- **Bardzo dobry (5):** Dobiera obróbkę cieplno-chemiczną do konkretnych warunków pracy elementu (np. koła zębate, prowadnice).
- **Celujący (6):** Wykonuje analizę przyczyn uszkodzenia materiałowego elementu i proponuje optymalny zamiennik materiałowo-technologiczny.

Dział 3: Połączenia i elementy maszyn (ELM.03.2)

- **Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi):** określić rodzaje i zastosowanie połączeń nierozłącznych (nitowych, spajanych: spawanych, zgrzewanych, lutowanych, klejonych; wciskowych) oraz rozłącznych (kształtowych: wpustowych, wielowypustowych, kołkowych, sworzniowych, klinowych; gwintowych); scharakteryzować technologie ich wykonania; rozpoznać je w dokumentacji i naszkicować uproszczenia rysunkowe; rozróżnić rodzaje gwintów.
- **Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi):** określić zakres obliczeń wytrzymałościowych połączeń nitowych, spajanych, wciskowych, kształtowych i gwintowych; zaprojektować proste połączenie nitowe, spawane, wpustowe i gwintowe; obliczyć parametry połączeń wpustowych; określić teorię zarysu gwintu.

Treści nauczania

- **Połączenia maszynowe:** Budowa, zastosowanie i obliczenia sprawdzające połączeń rozłącznych (gwintowe, wpustowe, wielowypustowe, kołkowe, klinowe) oraz nierozłącznych (spawane, zgrzewane, lutowane, nitowane, klejone).
- **Przekładnie i przeniesienie napędu:** Przekładnie zębate (o zębach prostych, skośnych, stożkowe, ślimakowe), przekładnie cięgnowe (pasowe klinowe/zębate, łańcuchowe) oraz przekładnie śrubowe toczne (kulowe); obliczanie przełożenia ($\phi_i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$) i sprawności.
- **Łożyskowanie, sprzęgła i hamulce:** Podział i dobór łożysk tocznych (kulkowe, walcowe, stożkowe) i ślizgowych; montaż i pasowanie łożysk; sprzęgła sztywne, podatne, cierne i elektromagnetyczne; hamulce tarczowe i bębnowe.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie potrafi rozróżnić połączenia rozłącznego od nierozłącznego.
- **Dopuszczający (2):** Wymienia typy połączeń (gwintowe, spawane) oraz typy łożysk (toczne, ślizgowe) z pomocą nauczyciela. Rozróżnia połączenie spawane od gwintowego na schemacie lub detalu.
- **Dostateczny (3):** Rozróżnia przekładnie (zębate, pasowe, śrubowe toczne); oblicza przełożenie przekładni ze wzoru $i = \frac{z_2}{z_1}$. Szkicuje uproszczenia rysunkowe gwintów zewnętrznych i wewnętrznych oraz połączeń wpustowych.
- **Dobry (4):** Klasyfikuje i dobiera sprzęgła oraz hamulce; wykonuje proste obliczenia wytrzymałościowe połączeń gwintowych i wpustowych. Dobiera parametry geometryczne wpustu pryzmatycznego z katalogu dla zadanej średnicy wału.
- **Bardzo dobry (5):** Dobiera łożyska toczne z katalogów na podstawie obciążeń osiowych i promieniowych; dobiera przekładnie śrubowo-toczone. Wykonuje proste obliczenia inżynierskie na ścinanie i nacisk powierzchniowy dla połączeń wpustowych lub nitowych.
- **Celujący (6):** Projektuje i przelicza układ przeniesienia napędu ze sprzęgłem, przekładnią i łożyskowaniem dla zadanego momentu obrotowego. Projektuje i oblicza wytrzymałościowo wielośrubowe złącze kołnierzone poddane obciążeniom gnącym i rozciągającym.

DZIAŁ 4: Części maszyn

Temat 1: Przekładnie, sprzęgła, hamulce i mechanizmy

- **Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi):** określić rodzaje, konstrukcje, materiały i cechy użytkowe kół i przekładni zębatych oraz cięgnowych (pasowych, łańcuchowych); rozpoznać je w dokumentacji i naszkicować uproszczenia; określić parametry koła i przekładni; obliczyć wymiary koła zębatego walcowego o zębach prostych; sklasyfikować i scharakteryzować sprzęgła i hamulce; określić sposób doboru sprzęgła z katalogu; sklasyfikować mechanizmy i pary kinematyczne, określić ich budowę i rolę.
- **Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi):** określić etapy projektowania przekładni zębatej; wyznaczyć moduł koła zębatego z warunku wytrzymałości; przeprowadzić obliczenia przekładni pasowej; dobrać pas według rowka w wieńcu; określić zakres obliczeń sprzęgieł i hamulców; określić liczbę odebranych stopni swobody w parach kinematycznych.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Dopuszczający (2):** Wyznacza przełożenie przekładni na podstawie liczby zębów kół ($i = z_2/z_1$).
- **Dostateczny (3):** Oblicza średnicę podziałową, wierzchołkową i stopy koła zębatego dla zadanego modułu i liczby zębów.
- **Dobry (4):** Dobiera z katalogu sprzęgło elastyczne, uwzględniając moment obrotowy i współczynnik przeciążenia.
- **Bardzo dobry (5):** Wyznacza liczbę stopni swobody złożonego mechanizmu dźwigniowego przy użyciu strukturalnego wzoru Czebyszewa-Gruoblera.
- **Celujący (6):** Projektuje od podstaw jednostopniową przekładnię walcową o zębach skośnych z pełnym doбором geometrycznym i wytrzymałościowym.

PRZEDMIOT 5: PNEUMATYKA I HYDRAULIKA

Dział 1: Podstawowe prawa hydrostatyki i hydrodynamiki

- **Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi):** wyjaśnić budowę układów wytwarzania sprężonego powietrza; wymienić rodzaje sprężarek i napędów pneumatycznych; wyjaśnić budowę i działanie zaworów pneumatycznych; określić obszary zastosowania układów sterowania pneumatycznego; zinterpretować własności fizyczne sprężonego powietrza; określić zalety i wady sterowania pneumatycznego; zidentyfikować na schematach elementy, podzespoły i zespoły pneumatyczne i elektropneumatyczne; rozróżnić symbole i parametry zaworów.
- **Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi):** wyjaśnić budowę sprężarek i napędów pneumatycznych; wyjaśnić działanie układów przygotowania sprężonego powietrza (filtra, reduktora, smarownicy); objaśnić zastosowanie podzespołów i zespołów pneumatycznych i elektropneumatycznych; określić zalety i wady sterowania pneumatycznego na tle innych układów sterowania (hydraulicznego, elektrycznego).

Treści nauczania

- Napędy pneumatyczne: hydrokinetyczne, hydrostatyczne. charakterystyka, własności przykłady, zastosowanie.
- Hydrostatyka. Prawo Pascala. Nadciśnienie, podciśnienie, ciśnienie względne, bezwzględne, atmosferyczne. Pomiar ciśnień. Obliczanie ciśnienia w punkcie cieczy, jednostki. Twierdzenie Stevina, prawo Eurlera. Skala absolutna, względna ciśnień.
- Pomiar ciśnień. Manometr, barometr, wakuometr, manowakuometr. Skala przyrządów.
- Zespół przygotowania sprężonego powietrza. Symbole, oznaczenia, charakterystyka, własności. Resublimacja, kondensacja.
- Atmosferyczny punkt rosy, temperatura punktu rosy. Mierniki punktu rosy. Wilgotność względna, absolutna, nasycenie. Ilość wydzielonego koncentratu-zadanie.
- Prasa hydrauliczna.
- Multiplikator hydrauliczny.
- Hydrauliczny podnośnik samochodowy.
- Równanie Clapeyrona. Stan gazu doskonałego.
- Przemiany termodynamiczne.
- Cykl Carnota
- Prawo Boylea Mariottea, Charlesa, Gey –Lussaca. Równanie Clapeyronea. Hydrokinetyka. Natężenie przepływu. Pomiary przepływu. Przepływomierze.
- Silnik Carnota, pompa ciepła, chłodziarka, klimatyzacja samochodowa
- Pomiar ciśnienia, prędkości przepływu, natężenia przepływu.
- Dynamika płynów. Rodzaje przepływów. Kawitacja.
- Hydrokinetyka. Natężenie przepływu. Pomiary przepływu. Przepływomierze.
- Prawo zachowania masy, energii.
- Hydrodynamika. Równanie ciągłości przepływu.
- Prawo Bernoulliego. Zwężka, dysza.
- Obliczanie prędkości cieczy, przepływu.
- Ciecze hydrauliczne. Własności, rodzaje, oznaczenia, parametry.
- Obliczanie przekrojów tłoka i tłoczyska siłowników.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie zna podstawowych praw hydrostatyki, hydrodynamiki, jednostek.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń potrafi zdefiniować fundamentalne pojęcia, zna podstawowe przyrządy pomiarowe oraz potrafi wskazać ich ogólne zastosowanie w technice. Hydrostatyka i hydrokinetyka: Definiuje pojęcie ciśnienia i wymienia jego podstawową jednostkę (Pascal). Odróżnia ciśnienie atmosferyczne od nadciśnienia i podciśnienia. Zna treść prawa Pascala. Przyrządy pomiarowe: Rozpoznaje i wskazuje przeznaczenie podstawowych przyrządów: manometru (do nadciśnienia), wakuometru (do podciśnienia) i barometru (do ciśnienia atmosferycznego). Pneumatyka i termodynamika: Definiuje gaz doskonały. Wskazuje, że zespół przygotowania sprężonego powietrza służy do oczyszczania i przygotowania czynnika roboczego. Wie, czym jest temperatura punktu rosy (moment skraplania wody). Maszyny i napędy: Wskazuje przykłady zastosowania urządzeń hydraulicznych (np. podnośnik samochodowy, prasa). Odróżnia napęd hydrauliczny (cieczowy) od pneumatycznego (gazowego). Zna podstawowe prawa hydrostatyki i hydrodynamiki; podaje podstawowe jednostki ciśnienia, charakteryzuje podstawowe zjawiska,
- **Dostateczny (3):** Uczeń rozumie relacje między parametrami płynów i gazów, potrafi poprawnie posługiwać się wzorami do prostych obliczeń oraz poprawnie odczytuje symbole techniczne. Hydrostatyka i hydrokinetyka: Przeprowadza obliczenia ciśnienia w punkcie cieczy przy użyciu twierdzenia Stevina ($p = \rho g h$). Wyjaśnia różnicę między ciśnieniem względnym a bezwzględnym. Definiuje natężenie przepływu ($Q = V/t$). Pneumatyka i termodynamika: Zna i zapisuje równanie Clapeyrona ($pV = nRT$). Potrafi przyporządkować nazwy przemian (izotermiczna, izobaryczna, izochoryczna) do odpowiednich praw (Boyle'a-Mariotte'a, Charlesa, Gay-Lussaca). Rozróżnia pojęcia wilgotności względnej i absolutnej. Układy hydrauliczne: Wyjaśnia zasadę działania prasy hydraulicznej i multiplikatora. Rozpoznaje na schematach podstawowe symbole zespołu przygotowania sprężonego powietrza (filtr, reduktor, smarownica). Ciecze robocze: Wymienia kluczowe parametry cieczy hydraulicznych (np. lepkość, gęstość) i wyjaśnia ich znaczenie dla pracy układu. Wyjaśnia poszczególne prawa hydrostatyki i hydrodynamiki, stosuje i przelicza podstawowe jednostki wielkości stosowanych w pneumatyce i hydraulice w układzie SI, interpretuje wyniki pomiarów,
- **Dobry (4):** Uczeń potrafi samodzielnie analizować i opisywać zjawiska fizyczne, projektować proste elementy wykonawcze oraz rozwiązywać złożone zadania obliczeniowe. Hydrostatyka i hydrodynamika: Analizuje zjawisko kawitacji i wskazuje jego negatywne skutki w układach przepływowych. Zna treść prawa Bernoulliego i wyjaśnia zasadę działania zwężki (np. Venturiego) oraz dyszy. Korzysta z równania ciągłości przepływu ($A_1 v_1 = A_2 v_2$) do obliczania zmian prędkości cieczy. Pneumatyka i termodynamika: Rysuje i opisuje fazy cyklu Carnota na wykresach (np. p - V). Wyjaśnia zasadę działania silnika Carnota, pompy ciepła oraz klimatyzacji samochodowej. Analizuje procesy kondensacji i resublimacji w instalacjach pneumatycznych. Projektowanie i obliczenia: Oblicza wymagane przekroje tłoka i tłoczyska siłowników hydraulicznych/pneumatycznych na podstawie zadanej siły i ciśnienia roboczego. Wyznacza stosunek sił i przesunięć w prasie oraz multiplikatorze hydraulicznym. Charakteryzuje prawa hydrostatyki i hydrodynamiki, rozwiązuje proste zadania z treścią
- **Bardzo dobry (5):** Uczeń wykazuje się pełnym zrozumieniem praw zachowania, sprawnie łączy wiedzę teoretyczną z zakresu termodynamiki i mechaniki płynów oraz rozwiązuje zaawansowane zadania inżynierskie. Płyny i dynamika: Swobodnie operuje prawami zachowania masy i energii w dynamicznych układach przepływowych. Dokonuje syntezy prawa Bernoulliego i równania ciągłości w celu rozwiązywania złożonych problemów hydrodynamicznych (np. obliczanie natężenia przepływu w zwężkach pomiarowych). Termodynamika i wilgotność: Rozwiązuje zaawansowane zadania inżynierskie dotyczące wyznaczania ilości wydzielonego kondensatu ze sprężonego powietrza przy zmianie temperatury i ciśnienia (z uwzględnieniem atmosferycznego punktu rosy i stanu nasycenia). Napędy płynowe: Przeprowadza szczegółowe porównanie napędów hydrostatycznych i hydrokinetycznych pod kątem ich charakterystyk, sprawności, własności oraz konkretnych obszarów zastosowania w przemyśle i motoryzacji. Wyznacza, wyprowadza i oblicza poszczególne zależności. Analizuje kompletne schematy sterowania kaskadowego i elektropneumatycznego; porównuje techniczno-ekonomiczne aspekty pneumatyki i hydrauliki.

Celujący (6): Uczeń wykracza poza ramy standardowych algorytmów, wykazuje podejście inżynierskie, potrafi samodzielnie analizować nietypowe awarie lub projektować zaawansowane układy. Projektowanie i optymalizacja: Potrafi od podstaw zaprojektować prosty układ hydrauliczny lub pneumatyczny (dobrać średnicę rurociągów, parametry pompy/sprężarki, nastawy zespołu przygotowania powietrza) dla zadanych wymagań technologicznych. Analiza procesów: Dokonuje krytycznej analizy strat energii (ciśnienia, ciepła) w rzeczywistych układach hydraulicznych i termodynamicznych w odniesieniu do modeli idealnych (np. cykl Carnota). Rozwiązywanie problemów: Samodzielnie analizuje i proponuje rozwiązania problemów eksploatacyjnych, takich jak: eliminacja wilgoci w rozbudowanych sieciach pneumatycznych w niskich temperaturach lub przeciwdziałanie kawitacji w układach pompowych o dużej wydajności. Rozwiązuje zadania o zwiększonym stopniu trudności. Analizuje kompletne schematy sterowania kaskadowego i elektropneumatycznego; porównuje techniczno-ekonomiczne aspekty pneumatyki i hydrauliki.

Dział 2: Elementy przygotowania i zasilania czynnika roboczego

Treści nauczania

- **Pneumatyczne układy zasilające:** Właściwości sprężonego powietrza; kompresory/sprężarki (tłokowe, śrubowe); osuszanie i filtrowanie powietrza; budowa i działanie stacji przygotowania powietrza FRL (filtr, reduktor ciśnienia, smarownica mgły olejowej); jednostki ciśnienia (bar, Pa, PSI).
- **Hydrauliczne układy zasilające:** Właściwości cieczy hydraulicznych (lepkość, ściśliwość, odporność na starzenie); pompy hydrauliczne wyporowe (zębate, łopatkowe, tłokowe); zbiorniki oleju, chłodnice, podgrzewacze, filtry ciśnieniowe i powrotne; akumulatory hydrauliczne.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie rozróżnia medium roboczego w pneumatyce i hydraulice.
- **Dopuszczający (2):** Wymienia elementy stacji FRL; podaje podstawowe jednostki ciśnienia, charakteryzuje podstawowe zjawiska zachodzące w gazach i cieczach, rozróżnia elementy, podzespoły i zespoły pneumatyczne, np. sprężarki, filtry, zawory, siłowniki, zespół przygotowania powietrza, osuszacz, smarownicę, rozróżnia elementy, podzespoły i zespoły hydrauliczne, np. akumulatory, pompy, siłowniki, silniki, zawory, filtry, regulatory, rozpoznaje elementy, podzespoły i zespoły pneumatyczne i hydrauliczne na podstawie symboli graficznych, dobiera elementy, podzespoły i zespoły pneumatyczne i hydrauliczne do montażu, rozpoznaje elementy układu sterowania pneumatycznego i hydraulicznego, rysuje schematy układów sterowania pneumatycznego i hydraulicznego, opisuje podstawowe parametry elementów, podzespołów i zespołów pneumatycznych i hydraulicznych, określa funkcje elementów, podzespołów i zespołów pneumatycznych i hydraulicznych,
- **Dostateczny (3):** Wyjaśnia rolę zespołu FRL oraz opisuje zasadę działania pompy zębatej i osuszacza powietrza, stosuje i przelicza podstawowe jednostki wielkości stosowanych w pneumatyce i hydraulice w układzie SI, interpretuje wyniki pomiarów, Analizuje pracę układów pneumatycznych i hydraulicznych,
- **Dobry (4):** Charakteryzuje typy osuszaczy (ziębnicze, adsorpcyjne) oraz filtry hydrauliczne; dobiera parametr lepkości oleju.
- **Bardzo dobry (5):** Wyznacza zapotrzebowanie na sprężone powietrze/olej i dobiera parametry stacji zasilającej dla układu.
- **Celujący (6):** Projektuje stację zasilania hydraulicznego z uwzględnieniem akumulatorów i bilansu cieplnego.

Dział 3: Elementy sterujące i wykonawcze w napędach płynowych

- **Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi):** Obejmują kluczowe pojęcia, znajomość normatywnych symboli graficznych oraz elementarne umiejętności manualne związane z bezpiecznym montażem i uruchamianiem prostych układów napędów płynowych. Pojęcia i parametry: Uczeń definiuje podstawowe pojęcia: ciśnienie (robocze, atmosferyczne), natężenie przepływu, czynnik roboczy (sprężone powietrze, olej hydrauliczny). Prawdłowo posługuje się jednostkami miar (bar, paskal, litr na minutę). Symbole graficzne: Rozpoznaje i poprawnie rysuje podstawowe symbole graficzne elementów pneumatycznych i hydraulicznych zgodne z normą PN-ISO 1219 (siłowniki, zawory rozdzielające, zawory odcinające, filtry, manometry, pompy, kompresory). Elementy sterujące (Zawory): Wyjaśnia rolę zaworów rozdzielających (kierunkowych). Prawdłowo interpretuje oznaczenia cyfrowe dróg i położeń zaworu (np. zawór 3/2, 5/2, 5/3). Rozróżnia sposoby sterowania zaworami: manualne, mechaniczne, pneumatyczne i elektryczne (elektrozawory). Elementy wykonawcze (Siłowniki i silniki): Rozróżnia i opisuje działanie siłowników liniowych jednostronnego i dwustronnego działania oraz silników pneumatycznych/hydraulicznych. Przygotowanie czynnika: Wskazuje elementy i wyjaśnia rolę stacji przygotowania sprężonego powietrza (FRL: filtr, regulator ciśnienia z manometrem, smarownica) lub zespołu zasilającego w hydraulice. Montaż i obsługa: Bezpiecznie łączy elementy układu pneumatycznego za pomocą przewodów wtykowych na płycie montażowej według prostego schematu ideowego. Odczytuje wartość ciśnienia z manometru. BHP: Ściśle przestrzega zasad BHP podczas pracy z mediami pod wysokim ciśnieniem (pamięta o odcięciu zasilania i odpowietrzeniu/odolejeniu układu przed modyfikacją połączeń).
- **Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi):** Obejmują zaawansowane umiejętności matematycznego obliczania parametrów napędów, samodzielnego projektowania złożonych cykli pracy, doboru elementów z katalogów, integracji z systemami elektrycznymi/PLC oraz zaawansowanej diagnostyki usterekowej. Obliczenia inżynierskie: Uczeń oblicza siłę użyteczną siłownika liniowego przy ruchu do przodu i wstecz (uwzględniając średnicę tłoka, średnicę tłoczyska, ciśnienie robocze oraz sprawność/opory tarcia). Oblicza zapotrzebowanie na strumień czynnika roboczego. Zaawansowane elementy sterujące: Wyjaśnia działanie i poprawnie stosuje w projektach zawory logiczne (zawór iloczynu „AND” / dwusygnałowy oraz zawór sumy „OR” / szybkiego spustu), zawory dławiąco-zwrotne (sterowanie prędkością siłownika poprzez dławienie na wlocie lub wylocie) oraz zawory redukcyjne i sekwencyjne. Technika proporcjonalna: Rozumie zasadę działania i zastosowanie hydraulicznych/pneumatycznych zaworów proporcjonalnych oraz serwozaworów w precyzyjnych układach pozycjonowania mechatronicznego. Projektowanie sekwencji: Samodzielnie projektuje schematy układów pneumatycznych i elektropneumatycznych realizujących zadany cyklogram pracy (np. sekwencja ruchów siłowników (A+ B+ A- B-) z eliminacją taktów kolizyjnych (metoda kaskadowa lub podziału na takty). Elektropneumatyka i integracja: Projektuje i montuje układy sterowania elektrycznego przekaźnikowo-stycznikowego lub sterowanego z PLC dla rozdzielaczy pneumatycznych/hydraulicznych (stosuje cewki elektrozaworów, czujniki magnetyczne położenia tłoka – kontaktrony, czujniki indukcyjne/optyczne). Analiza DTR i dobór: Samodzielnie dobiera siłowniki, zawory i przewody z katalogów producentów (np. Festo, SMC, Rexroth) na podstawie zadanych kryteriów projektowych (obciążenie mechaniczne, wymagana prędkość, warunki środowiskowe). Diagnostyka i konserwacja: Samodzielnie lokalizuje i usuwa złożone awarie w napędach płynowych (np. nieszczelności wewnętrzne siłownika, zablokowanie suwaka zaworu, błędna regulacja dławienia, uszkodzenie cewki elektrozaworu). Przeprowadza diagnostykę z użyciem pomiarów ciśnienia i przepływu w punktach testowych, formułując profesjonalne wnioski w protokole.

Treści nauczania

- Przyłącza i złącza pneumatyczne.
- Przesyłanie i gromadzenie powietrza. Kolektory, tłumiki, zbiorniki, przewody.
- Dobór i montaż elementów pneumatycznych. Ocena stanu technicznego. Ocena jakości montażu.
- Dobór siłowników do układu. Dobór zaworu rozdzielającego.
- Karty katalogowe elementów pneumatycznych. Czytanie danych katalogowych.
- Montaż układów pneumatycznych. Planowanie procesu montażu. Ocena stanu technicznego.
- Mocowanie elementów: siłowników, zaworów, elementów sygnałowych, elektrycznych.
- Łączenie elementów za pomocą złącz wtykowych i połączeń gwintowych.
- Elektropneumatyczne układy sterowania. Elementy elektryczne, operatorskie.
- Przetworniki pneumoelektryczne. Napędy.
- Projektowanie i realizacja przebiegu procesu sterowania elektropneumatycznego.
- Urządzenia pneumohydrauliczne. Pneumatyczne zespoły napędowe z hamulcami hydraulicznymi
- Zawory sterujące ciśnieniem, natężeniem przepływu i kierunkiem: Zawory rozdzielające (oznaczenia ilości dróg i położeń, np. 2/2, 3/2, 4/2, 5/2, 5/3); rodzaje sterowania (ręczne, mechaniczne, pneumatyczne/hydrauliczne, elektryczne); zawory dławiące i dławiąco-zwrotne; zawory ciśnieniowe (przelewowe, bezpieczeństwa, redukcyjne); zawory logiki pneumatycznej (AND, OR).
- Siłowniki i silniki płynowe: Siłowniki liniowe jednostronnego i dwustronnego działania, teleskopowe, bezprzegubowe/beztłoczkowe; amortyzacja w położeniach krańcowych; silniki pneumatyczne i hydrauliczne obrotowe; wyznaczanie siły i prędkości tłoka ($F = p \cdot A$).
- Jednostka krokowa, kaskada pneumatyczna w projektowaniu układów pneumatycznych metodą algorytmiczną.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie potrafi odczytać symbolu, liczby dróg lub położeń zaworu.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń potrafi wykonać proste czynności przy stałej pomocy nauczyciela, ma podstawową wiedzę o elementach układu: Wskazuje i nazywa podstawowe elementy układu pneumatycznego (siłownik, zawór rozdzielający, przewód, zbiornik, tłumik). Rozróżnia siłownik jednostronnego działania od dwustronnego działania. Identyfikuje podstawowe sposoby sterowania zaworami (ręczne i elektryczne). Łączy elementy pneumatyczne za pomocą złączek wtykowych według gotowego i prostego schematu ideowego. Przestrzega podstawowych zasad BHP podczas pracy z medium pod ciśnieniem. Identyfikuje siłownik jednostronnego i dwustronnego działania; odróżnia zawór 3/2 od 4/2, 5/2, 4/3/ 5//3.
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie wykonuje typowe zadania, rozumie podstawowe zależności i symbole: Czyta i interpretuje podstawowe oznaczenia zaworów rozdzielających (2/2, 3/2, 4/2, 5/2) oraz symbolikę zaworów logicznych (AND, OR) i dławiąco-zwrotnych. Oblicza siłę teoretyczną siłownika liniowego przy jednostronnym działaniu, stosując podstawowy wzór $F = p \cdot A$. Omawia drogę sprężonego powietrza od źródła (kolektora/zbiornika) przez elementy sterujące do elementów wykonawczych. Samodzielnie montuje prosty układ pneumatyczny oraz elektropneumatyczny na podstawie dostarczonego schematu. Podłącza podstawowe elementy operatorskie (przyciski) oraz przetworniki pneumo-elektryczne. Odszukuje podstawowe parametry (np. ciśnienie pracy, gwint przyłącza) w kartach katalogowych. Rysuje symbole i wyjaśnia działanie zaworów oraz zaworów logiki AND/OR; oblicza siłę teoretyczną siłownika, wyjaśnia działanie układu sterowania pneumatycznego i hydraulicznego, szacuje oraz oblicza wartości parametrów w układach pneumatycznych i hydraulicznych, rozwiązuje typowe zadania z termodynamiki i hydromechaniki. Potrafi uzasadnić odpowiedzi i rozwiązania zadań, uzyskał pozytywne oceny za wszystkie sprawdziany.

- **Dobry (4):** Uczeń sprawnie posługuje się wiedzą, potrafi dobrać elementy i samodzielnie planować montaż: Analizuje i wyjaśnia działanie zaworów w stanach pośrednich (np. zawór 5/3 w różnych wersjach położenia środkowego) oraz działanie amortyzacji w położeniach krańcowych siłownika. Dobiera odpowiedni siłownik oraz zawór rozdzielający do zadanych warunków pracy, uwzględniając siłę użyteczną (uwzględnia tarcie i ruch powrotny dla siłowników dwustronnych – pole powierzchni). Wyjaśnia zasadę działania układów pneumohydraulicznych oraz zespołów napędowych z hamulcami hydraulicznymi. Planuje proces montażu układu elektropneumatycznego, dokonuje oceny stanu technicznego elementów przed montażem oraz ocenia jakość wykonanego montażu pod kątem szczelności i poprawności mechanicznej. Projektuje i realizuje przebieg procesu sterowania dla prostych sekwencji ruchów siłowników (np. sterowanie bezpośrednie i pośrednie). Analizuje strukturę zaworów sterowanych elektrycznie (elektrozaworów); dobiera siłowniki z amortyzacją, wykonuje typowe układy pneumatyczne, elektropneumatyczne i wprowadza typowe modyfikacje rozwiązań.
- **Bardzo dobry (5):** Uczeń wykazuje się pełnym zrozumieniem materiału, potrafi projektować skomplikowane układy metodami algorytmicznymi: Projektuje i realizuje zaawansowane układy sterowania pneumatycznego i elektropneumatycznego dla cykli wielosiłownikowych z eliminacją sygnałów blokujących. Sprawnie stosuje metodę kaskadową oraz jednostkę krokową w projektowaniu algorytmicznym układów. W pełni interpretuje zaawansowane karty katalogowe, dobierając komponenty z uwzględnieniem natężenia przepływu, charakterystyk czasowych zaworów oraz zużycia powietrza. Diagnostyka i lokalizuje usterki w złożonych układach elektropneumatycznych (np. uszkodzenia cewek, przetworników, nieszczelności przewodów, błędy logiczne) i dokonuje oceny stanu technicznego układu. Optymalizuje układ poprzez prawidłowe zastosowanie zaworów ciśnieniowych (bezpieczeństwa, redukcyjnych), dławiąco-zwrotnych (regulacja prędkości) oraz tłumików hałasu. Dobiera elementy sterujące i wykonawcze z katalogów na podstawie założonych obciążeń i czasów przebiegu, interpretuje uzyskane wyniki, formułuje podstawowe wnioski wynikające z analizy wyników, dokonuje analizy pracy elementów i układów pneumatycznych, elektropneumatycznych, potrafi zastosować posiadaną wiedzę do rozwiązania zadań i problemów w nowych sytuacjach, wprowadza modyfikacje układów pneumatycznych i elektropneumatycznych.
- **Celujący (6):** Uczeń wykracza poza standardowy program nauczania, wykazuje się samodzielnością i kreatywnością: Samodzielnie rozwiązuje nietypowe i skomplikowane problemy inżynierskie z zakresu automatyzacji procesów pneumatycznych i elektropneumatycznych. Proponuje innowacyjne modyfikacje w projektach układów sterowania, podnoszące ich wydajność energetyczną, bezpieczeństwo lub optymalizujące czas cyklu pracy. Łączy wiedzę z zakresu pneumatyki, hydrauliki i elektrotechniki w celu implementacji zaawansowanych systemów pneumohydraulicznych i sterowania nadrzędnego. Przeprowadza pełny dobór elementów wykonawczych i sterujących dla aplikacji wykazującej zmienne opory ruchu i obciążenia dynamiczne, dokonuje analizy pracy układów w nietypowych zastosowaniach.

Dział 4: Schematy i podstawy projektowania układów elektropneumatycznych

- **Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi):** wyjaśnić budowę układów wytwarzania sprężonego powietrza; wymienić rodzaje sprężarek i napędów pneumatycznych; wyjaśnić budowę i działanie zaworów pneumatycznych; określić obszary zastosowania układów sterowania pneumatycznego; zinterpretować własności fizyczne sprężonego powietrza; określić zalety i wady sterowania pneumatycznego; zidentyfikować na schematach elementy, podzespoły i zespoły pneumatyczne i elektropneumatyczne; rozróżnić symbole i parametry zaworów.

- **Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi):** wyjaśnić budowę sprężarek i napędów pneumatycznych; wyjaśnić działanie układów przygotowania sprężonego powietrza (filtra, reduktora, smarownicy); objaśnić zastosowanie podzespołów i zespołów pneumatycznych i elektropneumatycznych; określić zalety i wady sterowania pneumatycznego na tle innych układów sterowania (hydraulicznego, elektrycznego).

Treści nauczania

- Zawory pneumatyczne rozdzielające.
- Oznaczenia i rodzaje zaworów rozdzielających.
- Sterowanie ręczne, mechaniczne, elektryczne zaworów rozdzielających.
- Analiza pracy zaworów rozdzielających pod względem ilości dróg, pozycji, normalnie otwarty, normalnie zamknięty, monostabilny, bistabilny.
- Sterowanie bezpośrednie i pośrednie siłowników jednostronnego i dwustronnego działania.
- Zawory regulacji prędkości, kierunku przepływu.
- Dławienie na wlocie i wylocie. Własności.
- Zawór alternatywny.
- Zawór koniunkcji.
- Zawór szybkiego spustu.
- Zawór odcinający, bezpieczeństwa.
- Zawory czasowe
- Analiza pracy układów pneumatycznych.
- Zawory progowe.
- Zawory redukcyjne.
- Zawory ciśnieniowe.
- Zawory czasowe.
- Liczniki pneumatyczne.
- Sterowanie kombinacyjne i sekwencyjne.
- Analiza pracy układów pneumatycznych.
- Diagramy funkcyjne. Symbolika diagramów funkcyjnych. Diagram stanów.
- Cyklogram pracy układów sterowania pneumatycznego.
- Projektowanie z wykorzystaniem diagramów drogowych i diagramów stanu.
- Projektowanie układów pneumatycznych na podstawie cyklogramu pracy. Zasady projektowania. Przykłady projektowania i zastosowania pneumatycznych układów sterowania
- Symbole graficzne i czytanie schematów: Normy PN-ISO 1219-1 i ISO 1219-2; oznaczenia elementów na schematach.
- Jednostka krokowa, kaskada pneumatyczna w projektowaniu układów pneumatycznych metodą algorytmiczną.
- Metoda algorytmiczna syntezy układów pneumatycznych w sterowaniu sekwencyjnym.
- Projektowanie układów sterowania: Sterowanie bezpośrednie i pośrednie; układy sekwencyjne (np. realizacja cyklu A+ B+ A- B-); eliminacja nakładania się sygnałów (metoda kaskadowa, krokowa); integracja sterowania elektrycznego (przełącznikowego) i PLC z układami napędów płynowych.
- Metoda algorytmiczna syntezy układów pneumatycznych w sterowaniu sekwencyjnym.
- Jednostka krokowa, kaskada pneumatyczna w projektowaniu układów pneumatycznych metodą algorytmiczną.
- Metoda algorytmiczna syntezy układów pneumatycznych w sterowaniu sekwencyjnym.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie rozpoznaje podstawowych symboli elementów płynowych wg ISO 1219.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń wykazuje podstawowe, fragmentaryczne rozumienie pojęć i potrafi z pomocą nauczyciela wskazać fundamentalne elementy układów. Komponenty: Rozpoznaje podstawowe elementy pneumatyczne (siłownik jednostronnego i dwustronnego działania, zawór rozdzielający). Oznaczenia: Odczytuje podstawowe parametry zaworu z opisu (np. ile ma dróg, ile pozycji). Rozróżnia sterowanie ręczne od elektrycznego na schemacie. Sterowanie: Rozróżnia sterowanie bezpośrednie od pośredniego na prostym przykładzie. Elementy logiki: Wskazuje, który zawór to zawór alternatywy (OR), a który to zawór koniunkcji (AND), mając podane ich symbole. Układy: Potrafi uruchomić prosty układ pneumatyczny (np. wysuw siłownika przyciskiem) według gotowego schematu. Odczytuje proste schematy pneumatyczne ze sterowaniem bezpośrednim.
- **Dostateczny (3):** Uczeń rozumie podstawowe zasady działania elementów i potrafi samodzielnie odwzorować oraz zinterpretować typowe, proste układy sterowania. Analiza zaworów: Samodzielnie charakteryzuje zawory rozdzielające pod względem liczby dróg/pozycji, stanu stabilności (monostabilny, bistabilny) oraz konfiguracji początkowej (normalnie otwarty/zamknięty). Regulacja przepływu: Wyjaśnia, do czego służy zawór dławiąco-zwrotny oraz zawór szybkiego spustu. Logika i funkcje: Wyjaśnia zasadę działania zaworu alternatywy, koniunkcji, odcinającego oraz zaworów czasowych. Normy i symbole: Samodzielnie identyfikuje symbole graficzne podstawowych elementów pneumatycznych zgodnie z normą PN-ISO 1219-1 i ISO 1219-2. Układy sekwencyjne: Potrafi odczytać z diagramu drogowego lub cyklogramu prostą sekwencję pracy siłowników (np. (A+ B+ B- A)). Projektowanie: Projektuje i buduje układy sterowania bezpośredniego i pośredniego dla siłowników jednostronnego i dwustronnego działania. Rysuje i objaśnia schemat sterowania pośredniego siłownika dwustronnego działania.
- **Dobry (4):** Uczeń sprawnie posługuje się terminologią techniczną, samodzielnie analizuje złożone procesy i projektuje układy kombinacyjne oraz proste układy sekwencyjne. Dynamika układów: Wyjaśnia fizyczne i praktyczne różnice między dławieniem na wlocie a dławieniem na wylocie siłownika. Wie, które rozwiązanie stosuje się w danych warunkach stabilizacji ruchu. Zaawansowane zawory: Wyjaśnia zasadę działania i zastosowanie zaworów progowych, redukcyjnych, ciśnieniowych oraz liczników pneumatycznych. Diagramy i cyklogramy: Samodzielnie sporządza diagramy funkcyjne (stanów, drogowe) oraz cyklogramy na podstawie opisu technologicznego cyklu pracy maszyn. Eliminacja konfliktów: Rozumie zjawisko nakładania się sygnałów w układach sekwencyjnych i potrafi wskazać na cyklogramie momenty wystąpienia sygnałów blokujących. Projektowanie sekwencyjne: Projektuje układy sekwencyjne o prostej strukturze (np. (A+ B+ A- B-)) z wykorzystaniem metody kaskadowej (rozwiązanie problemów z dwoma grupami ciśnieniowymi). Elektropneumatyka: Prawidłowo integruje sterowanie elektryczne przekaźnikowe z pneumatycznymi układami wykonawczymi. Projektuje układ pneumatyczny/elektropneumatyczny/elektrohydrauliczny realizujący zadany cykl pracy bez nakładania sygnałów. Rozróżnia rodzaje sterowania zaworami (mechaniczne, pneumatyczne, elektryczne); interpretuje parametry robocze sprężarek.
- **Bardzo dobry (5):** Uczeń wykazuje się pełnym, systemowym zrozumieniem materiału, samodzielnie i bezbłędnie rozwiązuje skomplikowane problemy inżynierskie i algorytmiczne. Metody algorytmiczne: Biegle stosuje metodę algorytmiczną syntezy układów pneumatycznych. Samodzielnie projektuje skomplikowane układy sekwencyjne z eliminacją nakładania się sygnałów za pomocą metody kaskadowej (wielogrupowej) oraz metody krokowej (z użyciem jednostek krokowych / taktowych). Projektowanie od podstaw: Na podstawie złożonego opisu technologicznego tworzy pełną dokumentację: cyklogram, diagramy stanów, schemat pneumatyczny z pełnym zakodowaniem oznaczeń elementów (zgodnie z ISO 1219-2). Analiza błędów: Przeprowadza zaawansowaną analizę pracy układów pneumatycznych, diagnozuje przyczyny nieprawidłowego działania układu (np. brak powrotu siłownika, niewłaściwe ciśnienia przełączania) i proponuje rozwiązania korygujące. Integracja z PLC: Samodzielnie projektuje algorytm sterowania układem pneumatycznym dla sterownika PLC (np. w języku drabinkowym lub SFC), uwzględniając sygnały z czujników położenia tłoka (krańcówek) i przycisków sterowniczych. Stosuje metodę kaskadową/krokową w projektowaniu złożonych układów sekwencyjnych ze sterowaniem elektrycznym.

- **Celujący (6):** PUczeń wykracza poza ramy programu nauczania, wykazuje się inwencją twórczą, optymalizuje projekty pod kątem ekonomicznym i bezpieczeństwa oraz łączy interdyscyplinarną wiedzę. Optymalizacja i Bezpieczeństwo: Projektuje układy pneumatyczne zawierające zaawansowane pętle bezpieczeństwa (Emergency Stop, zawory bezpieczeństwa, zawory odcinające przy braku zasilania) zgodnie z obowiązującymi dyrektywami maszynowymi. Innowacyjność w projektowaniu: Proponuje alternatywne rozwiązania tego samego problemu sterowania (np. porównanie i ocena wydajności/kosztów sterowania czysto pneumatycznego kaskadowego vs. elektropneumatycznego z PLC). Zaawansowane aplikacje sterowania: Projektuje układy sterowania kombinacyjno-sekwencyjnego z uwzględnieniem zmiennych warunków pracy (tryb pracy: cykl pojedynczy / praca automatyczna, zliczanie detali przez liczniki pneumatyczne/elektroniczne, pozycjonowanie pośrednie siłowników). Praca badawcza / Samokształcenie: Wykazuje umiejętność samodzielnego pozyskiwania wiedzy z katalogów producentów automatyki przemysłowej (Festo, SMC itp.), dobiera rzeczywiste komponenty pod parametry techniczne i potrafi obronić inżyniersko swoje założenia projektowe. Projektuje elektropneumatyczny układ zamknięty z zaworami proporcjonalnymi i sprzężeniem zwrotnym od położenia metodą taktów, kaskad.

Dział 5: Schematy i podstawy projektowania układów elektrohydraulicznych

- **Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi):** wyjaśnić budowę układów wytwarzania ciśnienia i przepływu cieczy hydraulicznych; wyjaśnić budowę akumulatorów hydraulicznych; wymienić rodzaje pomp hydraulicznych; wyjaśnić budowę napędów i zaworów hydraulicznych; interpretować własności fizyczne cieczy pod ciśnieniem; zidentyfikować na schematach elementy, symbole, podzespoły i zespoły hydrauliczne; rozróżnić rodzaje sterowania zaworami oraz parametry podzespołów.
- **Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi):** określić zalety i wady sterowania hydraulicznego na tle innych układów; objaśnić zastosowanie zaworów i podzespołów hydraulicznych i elektrohydraulicznych; wyjaśnić działanie układów wytwarzania ciśnienia, akumulatorów, napędów i zaworów hydraulicznych elektrohydraulicznych.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Dopuszczający (2):** Rozpoznaje symbole pompy hydraulicznej i siłownika dwustronnego działania.
- **Dostateczny (3):** Wyjaśnia rolę i zasadę działania akumulatora hydraulicznego oraz filtrów spływowych.
- **Dobry (4):** Charakteryzuje parametry pomp (zębatych, tłoczkowych); odczytuje parametry zaworów proporcjonalnych ze schematów.
- **Bardzo dobry (5):** Szczegółowo analizuje działanie układu elektrohydraulicznego ze sterowaniem rozdzielaczami mechanicznymi i elektrycznymi.
- **Celujący (6):** Oblicza zapotrzebowanie na moc pompy i pojemność akumulatora hydraulicznego dla zadanego cyklu pracy ciężkiego układu wykonawczego.

PRZEDMIOT 6: URZĄDZENIA MECHATRONICZNE

DZIAŁ 1: Napędy elektryczne i sterowanie maszyn

- **Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi):** objaśnić metody eksploatacji przekształtników energoelektronicznych i maszyn elektrycznych (silników, serwonapędów); objaśnić oddziaływanie układów energoelektronicznych na sieć zasilającą; scharakteryzować zależności ruchowe w układach napędowych z silnikami prądu stałego, silnikami jednofazowymi, trójfazowymi klatkowymi i pierścieniowymi; ustalić nastawę przetwornicy częstotliwości w układach z silnikiem klatkowym; określić wpływ zmiany rezystancji w obwodzie wirnika na obroty silnika pierścieniowego; wyregulować prędkość obrotową wirnika w silniku trójfazowym klatkowym oraz silniku prądu stałego z regulatorem PWM.
- **Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi):** opisać prace eksploatacyjne przy napędach z silnikami prądu przemiennego, prądu stałego i pierścieniowymi; objaśnić wpływ zaniku fazy w układach zasilania silnika trójfazowego; objaśnić wpływ przerwy w obwodzie wirnika silnika prądu stałego.

Treści nauczania

- **Silniki elektryczne:** Budowa, zasada działania i sterowanie silnikami prądu stałego (DC), przemiennego (AC), krokowymi oraz serwonapędami.
- **Układy energoelektroniczne:** Falowniki, sterowniki tranzystorowe, układy łagodnego rozruchu (soft-start) oraz ich parametryzacja.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie odróżnia silnika prądu stałego (DC) od silnika klatkowego (AC). Nie potrafi zidentyfikować zacisków silnika.
- **Dopuszczający (2):** Rozpoznaje silnik elektryczny na stanowisku. Wie, do czego służy stycznik i zabezpieczenie termiczne (termik). Zmienia kierunek obrotów silnika DC poprzez odwrócenie polaryzacji zasilania.
- **Dostateczny (3):** Podłącza prosty układ załączania silnika 3-fazowego za pomocą stycznika i przycisków Start/Stop. Rozróżnia połączenie w gwiazdę i trójkąt. Realizuje zmianę kierunku obrotów silnika 3-fazowego poprzez zamianę dwóch faz zasilających.
- **Dobry (4):** Montuje układ zmiany kierunku obrotów silnika 3-fazowego (lewo/prawo) z mechaniczną i elektryczną blokadą styczników. Rozumie parametry z tabliczki znamionowej. Konfiguruje parametry przyspieszania i hamowania w falowniku sterującym silnikiem klatkowym.
- **Bardzo dobry (5):** Podłącza i konfiguruje przemiennik częstotliwości (falownik) do regulacji prędkości obrotowej silnika AC. Programuje podstawowe parametry falownika (czas rampy, częstotliwość maksymalna). Analizuje skutki asymetrii zasilania lub pracy dwufazowej silnika indukcyjnego; opisuje mechanizm generowania wyższych harmonicznych przez falowniki.
- **Celujący (6):** Integruje zaawansowane napędy (serwonapędy, silniki krokowe) ze sterownikiem PLC. Programuje pozycjonowanie osi i sterowanie nadążne. Wyjaśnia teoretyczne podstawy sterowania wektorowego zorientowanego polowo (FOC) w nowoczesnych serwonapędach PMSM.

Dział 2: Czujniki i sensoryka w mechatronice

- **Wymagania podstawowe:** Obejmują kluczowe pojęcia z zakresu sensoryki, znajomość symboli graficznych, identyfikację podstawowych typów czujników oraz elementarne umiejętności ich podłączania i testowania w układach sterowania. Pojęcia podstawowe: Uczeń definiuje podstawowe pojęcia: czujnik (sensor), przetwornik, sygnał wejściowy i wyjściowy. Rozróżnia sygnały dwustanowe (cyfrowe/binarne) od ciągłych (analogowych). Klasyfikacja czujników: Rozpoznaje na schematach i w rzeczywistych układach podstawowe czujniki zbliżeniowe: indukcyjne (wykrywanie metalu), pojemnościowe (wykrywanie różnych materiałów) oraz optyczne (odbiciowe, refleksyjne, bariery). Czujniki wielkości fizycznych: Identyfikuje podstawowe czujniki do pomiaru: temperatury (rezystory termometryczne typu Pt100), ciśnienia (przetworniki piezorezystancyjne), położenia (krańcówki mechaniczne, kontaktrony na siłownikach) oraz przepływu. Sygnały analogowe: Zna standardy sygnałów analogowych stosowanych w automatyce: napięciowy 0-10V oraz prądowy 4-20mA. Podłączenie i zasilanie: Prawdopodobnie identyfikuje i podłącza standardowe kolory przewodów w czujnikach 3-przewodowych DC (brązowy: +24V, niebieski: 0V, czarny: sygnał OUT). Pomiary podstawowe: Za pomocą multimetru cyfrowego sprawdza obecność napięcia zasilania czujnika oraz weryfikuje zmianę stanu na wyjściu cyfrowym podczas jego aktywacji (test sprawności).
- **Wymagania ponadpodstawowe:** Obejmują zaawansowane umiejętności analizowania struktur elektronicznych czujników, wyznaczania charakterystyk, parametryzacji nowoczesnych protokołów cyfrowych, integracji z PLC i HMI oraz głębokiej diagnostyki awarii. Struktury wyjściowe czujników: Uczeń szczegółowo wyjaśnia różnicę między strukturami wyjściowymi tranzystorowymi typu PNP (kluczowanie do plusa zasilania) oraz NPN (kluczowanie do masy). Samodzielnie konfiguruje i podłącza je do odpowiednich kart wejściowych sterownika PLC (Sink/Source). Charakterystyki i parametry: Wyjaśnia i analizuje kluczowe parametry czujników: strefę działania, histerezę przełączania, powtarzalność oraz czas odpowiedzi. Wyznacza rzeczywistą charakterystykę przetwarzania czujnika analogowego i porównuje ją z danymi katalogowymi producenta w celu wykrycia błędów przesunięcia (Offset) lub nieliniowości. Pomiary precyzyjne i enkodery: Wyjaśnia zasadę działania i analizuje sygnały z enkoderów inkrementalnych i absolutnych. Za pomocą oscyloskopu bada przebiegi przesuniętych w fazie kanałów A i B enkodera w celu określenia kierunku obrotu i pozycji wału. Zaawansowane technologie sensorowe: Zna zasadę działania czujników ultradźwiękowych, laserowych, hallotronów, tensometrów (pomiar siły i masy) oraz termopar (efekt Seebecka). Nowoczesna komunikacja cyfrowa: Rozumie ideę i zalety stosowania inteligentnych czujników z interfejsem IO-Link (parametryzacja, przesyłanie danych diagnostycznych i wartości pomiarowej jednym przewodem). Integracja i skalowanie w PLC: Projektuje układy automatyki z wykorzystaniem czujników analogowych. Przeprowadza poprawne programowe skalowanie sygnałów w sterowniku PLC (np. za pomocą bloków NORM_X i SCALE_X w TIA Portal) oraz konfiguruje wyświetlanie tych wielkości fizycznych na panelu HMI. Diagnostyka zaawansowana: Wykorzystuje dokumentację techniczno-ruchową (DTR) do rozwiązywania problemów z sensorami. Lokalizuje złożone usterki, takie jak: zakłócenia elektromagnetyczne na liniach analogowych (brak ekranowania), uszkodzenia termiczne, zjawisko nasycenia optycznego czy prądy upływu w pętli prądowej, formułując profesjonalne wnioski.

Treści nauczania

- **Rodzaje czujników, symbole, charakterystyka, własności zastosowanie, pomiary**
 - Rodzaje, parametry, właściwości, zastosowanie czujników.
 - Strefa martwa, eliminacja tła, czujniki z modulacją.
 - Czujniki temperatury: termorezystancyjne, termistory, termopara. Pirometr.
 - Pozystor
 - Warystor
 - Czujniki tensometryczne.
 - Przekładnik kontaktronowy.
 - Enkodery kąta obrotu.
 - Enkodery inkrementalne i absolutne.
 - Czujniki pojemnościowe i indukcyjne.

- Czujniki ultradźwiękowe.
- Czujniki optyczne.
- Czujniki fotoelektryczne
- Czujniki dyfuzyjne, przelotowe, refleksyjne, odbiciowe, bariera świetlna.
- Czujnik triangulacyjny.
- Przekładniki mechaniczno-elektryczne: presostaty, termostaty, hydrostaty.
- Wiskozymetry.
- Czujniki magnetostrykcyjne.
- Czujniki Halla
- Czujniki piezoelektryczne, zjawisko piezoelektryczne
- Przepływomierze; kryza, dysz, zwężka, skrzydełkowy, indukcyjny, cieplny, termiczny, kalorymetryczny, ultradźwiękowy
- termoanemometr
- rotametr
- rurka Pitota
- akcelerometr
- higrometr, inklinometr
- żyroskop
- Klasyfikacja i parametry metrologiczne czujników:
 - Czujniki aktywne (generacyjne) i pasywne (parametryczne); dwu-, trzy- i czteroprzewodowe; wyjścia analogowe, cyfrowe i binarne.
 - Charakterystyki czujników: zakres pomiarowy, czułość, liniowość, histereza, powtarzalność, czas reakcji, poziom zakłóceń, stopień ochrony obudowy (IP wg PN-EN 60529).
 - Czujniki zbliżeniowe i położenia:
 - Indukcyjne: Budowa (cewka, oscylator, przerzutnik, wzmacniacz), wykrywanie obiektów metalowych, zjawisko prądów wirowych, wyznaczanie strefy działania (Sn), współczynniki redukcyjne dla różnych metali (miedź, aluminium, stal).
 - Przetworniki kąta i położenia (Enkodery):
 - Inkrementalne (przyrostowe): Budowa tarcie z przesłonami, kanały A, B (przesunięcie fazowe o 90 stopni do rozpoznawania kierunku obrotów), sygnał zerowy Z (Index); pojęcie rozdzielczości (impulsów na obrót - PPR); układy mnożenia impulsów (X1, X2, X4).
 - Absolutne: Tarcza z kodem Graya vs kod binarny; enkodery jednoobrotowe (Singleturn) i wieloobrotowe (Multiturn); interfejsy równoległe i szeregowo (SSI, BiSS).
 - Czujniki wielkości mechanicznych, procesowych i środowiskowych:
 - Siła i naprężenie: Tensometry oporowe (foliowe), układ mostka Wheatstone'a; przetworniki siły, masy (wagi elektroniczne) i momentu obrotowego.
 - Ciśnienie i przepływ: Przetworniki piezorezystancyjne i pojemnościowe; przepływomierze manometryczne, elektromagnetyczne, turbinowe i masowe (Coriolisa).
 - Temperatura: Rezystancyjne czujniki temperatur (Pt100, Pt1000), termistory (NTC, PTC), termopary (zjawisko Seebecka, typ J, K, T).
 - Wizja maszynowa i sensory inteligentne: Kamery przemysłowe Smart, czujniki wizyjne (kontrola obecności, pomiar wymiarów, odczyt kodów kreskowych).
- **Interfejsy i podłączenia elektryczne czujników:**
 - Wyjścia tranzystorowe: PNP (przełączanie do +24{V}, logiczna "1") vs NPN (przełączanie do 0{V}, logiczne "0"); funkcja wyjścia NO (normalnie otwarty) i NC (normalnie zamknięty), SINK, SOURCE, LIGHT ON, DARK ON, logika dodatnia, ujemna.
 - Standardy analogowe: pętla napięciowa (0...10{V}) oraz pętla prądowa (4...20{mA}) z detekcją uszkodzenia przewodu).

- Technologia **IO-Link**: Architektura punkt-punkt, przesył danych procesowych, diagnostycznych i parametrów w postaci cyfrowej.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie odróżnia czujnika od elementu wykonawczego.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń spełnia absolutne minimum programowe, rozpoznaje podstawowe elementy automatyki i zna podstawowe definicje. Klasyfikacja i parametry: Rozróżnia czujniki aktywne od pasywnych; wskazuje różnicę między sygnałem binarnym (0/1) a analogowym; definiuje zakres pomiarowy i czas reakcji. Czujniki zbliżeniowe i optyczne: Rozpoznaje czujnik indukcyjny i pojemnościowy; wie, że czujnik indukcyjny wykrywa metal; odróżnia barierę świetlną (czujnik przelotowy) od czujnika odbiciowego. Enkodery: Definiuje, do czego służy enkoder (pomiar kąta/położenia); odróżnia enkoder inkrementalny (przyrostowy) od absolutnego. Wielkości procesowe i mechaniczne: Wskazuje, które czujniki służą do pomiaru temperatury (Pt100, termopara), a które do ciśnienia lub przepływu (rotometr, rurka Pitota); wie, że tensometr służy do pomiaru siły/masy. Podłączenia i interfejsy: Identyfikuje kolory przewodów standardowego czujnika (brązowy, niebieski, czarny); zna zakresy standardowych sygnałów analogowych (0...10 V, 4...20 mA). Rozpoznaje czujniki indukcyjne i optyczne; odróżnia czujnik dwuprzewodowy od trójprzewodowego z pomocą.
- **Dostateczny (3):** Uczeń rozumie zasady działania podstawowych czujników i potrafi je poprawnie dobrać do prostych aplikacji. Klasyfikacja i parametry: Wyjaśnia pojęcia metrologiczne: czułość, liniowość, histereza, powtarzalność; interpretuje stopień ochrony IP obudowy (np. IP65 vs IP67). Czujniki zbliżeniowe i optyczne: Wyjaśnia zasadę działania czujnika indukcyjnego (zjawisko prądów wirowych); podaje różnice w zastosowaniu między czujnikiem indukcyjnym a pojemnościowym; rozróżnia czujniki optyczne: dyfuzyjne, refleksyjne (z lusterkim) i przelotowe. Enkodery: Opisuje budowę enkodera inkrementalnego; wyjaśnia znaczenie przesunięcia fazowego kanałów A i B (rozpoznawanie kierunku) oraz rolę sygnału zerowego (Index); definiuje rozdzielczość PPR. Wielkości procesowe i mechaniczne: Wyjaśnia zjawisko Seebecka w termoparach oraz zasadę działania czujników rezystancyjnych (Pt100, Pt1000); odróżnia termistor NTC od PTC (pozystora); wyjaśnia działanie przekaźnika kontaktronowego i prostych przekaźników mechanicznych (presostat, termosta). Podłączenia i interfejsy: Wyjaśnia różnicę między wyjściem tranzystorowym typu PNP a NPN oraz funkcjami NO i NC; potrafi podłączyć czujnik 3 - przewodowy do sterownika PLC. Wyjaśnia zasadę działania czujników indukcyjnych, pojemnościowych, optycznych i kontaktronów; podłącza wyjścia PNP i NPN.
- **Dobry (4):** Uczeń potrafi szczegółowo analizować parametry czujników, rozumie zaawansowane zjawiska fizyczne i potrafi wykrywać błędy w układach pomiarowych. Klasyfikacja i parametry: Analizuje wpływ histerezy i braku liniowości na błąd pomiarowy; dobiera czujnik o odpowiednim stopniu IP do trudnych warunków środowiskowych. Czujniki zbliżeniowe i optyczne: Definiuje nominalną strefę działania ($\{S_n\}$); stosuje współczynniki redukcyjne czujników indukcyjnych dla różnych metali (stal, miedź, aluminium); wyjaśnia pojęcia: eliminacja tła, strefa martwa, modulacja światła. Enkodery: Wyjaśnia zasadę działania enkodera absolutnego (różnica między, tłumaczy, dlaczego na tarczy enkodera stosuje się kod Graya zamiast naturalnego kodu binarnego; rozumie układy mnożenia impulsów (X1, X2, X4). Wielkości procesowe i mechaniczne: Opisuje działanie mostka Wheatstone'a z tensometrami foliowymi; charakteryzuje zaawansowane przepływomierze (Coriolisa, elektromagnetyczne, ultradźwiękowe, termooanemometry); wyjaśnia zasadę działania czujników piezoelektrycznych, magnetostrykcyjnych oraz czujnika Halla; rozróżnia przyrządy specjalistyczne: wiskozymetr, żyroskop, inklinometr, akcelerometr. Podłączenia i interfejsy: Tłumaczy różnicę między pętlą napięciową a prądową (w tym zaletę 4...20 mA w detekcji przerwania przewodu); wyjaśnia pojęcia SINK, SOURCE, LIGHT ON, DARK ON; definiuje podstawowe założenia technologii IO-Link (transmisja cyfrowa, pliki IODD). Wyjaśnia różnicę między enkoderem inkrementalnym a absolutnym (kod Graya); dobiera czujniki temperatury, siły i przepływu.

- **Bardzo dobry (5):** Uczeń posiada biegłą wiedzę inżynierską, potrafi projektować kompletne układy pomiarowe, programować i konfigurować zaawansowane sensory. Projektowanie i dobór: Samodzielnie konfiguruje i dobiera optymalną technologię sensoryczną do złożonych procesów przemysłowych, uwzględniając budżet błędów, parametry metrologiczne i zakłócenia EM. Zaawansowane technologie: Wyjaśnia zasadę działania czujnika triangulacyjnego; opisuje architekturę systemów wizyjnych (kamery Smart) oraz metody przetwarzania obrazu (OCR, kontrola obecności, odczyt kodów). Integracja systemowa: Projektuje schematy elektryczne połączeń czujników w logice dodatniej i ujemnej; integruje czujniki IO-Link z siecią przemysłową, wykorzystując pliki parametrów; oblicza rzeczywiste wartości mierzonych wielkości na podstawie sygnałów analogowych 4...20 mA / 0...10 V oraz rozdzielczości enkoderów. Konfiguruje systemy wizyjne i inteligentne czujniki w technologii IO-Link; dobiera czujnik na podstawie strefy działania i środowiska (IP).
- **Celujący (6):** Uczeń wykracza poza ramy programu, wykazuje się samodzielnością twórczą i rozwiązuje nietypowe problemy. Wykazuje umiejętność diagnostyki zaawansowanych awarii w rozproszonych systemach pomiarowych (np. zakłócenia w pętli prądowej, błędy transmisji szeregowej enkodera). Proponuje innowacyjne rozwiązania z zakresu Przemysłu 4.0 z wykorzystaniem sensorów inteligentnych za pomocą IO-Link, zaawansowana analiza obrazu w systemach wizyjnych. Projektuje wieloczujnikowy system detekcji i kontroli jakości dla linii produkcyjnej z integracją IO-Link i wizją maszynową.

Dział 3: Układy cyfrowe kombinacyjne i sekwencyjne

- **Wymagania podstawowe:** Obejmują podstawowe pojęcia elektroniki cyfrowej, znajomość systemów liczbowych, identyfikację bramek logicznych oraz elementarne umiejętności montażu i testowania prostych struktur cyfrowych. Systemy liczbowe: Uczeń konwertuje liczby między systemem dziesiętnym (DEC), binarnym (BIN) oraz szesnastkowym (HEX) w podstawowym zakresie (np. wartości 8-bitowe). Bramki logiczne: Zna i rysuje symbole graficzne podstawowych bramek logicznych (NOT, AND, OR, NAND, NOR, XOR) według norm krajowych i międzynarodowych. Tabele prawdy: Tworzy tabele stanów (tabele prawdy) dla poszczególnych bramek logicznych oraz interpretuje stany wysokie (1 / True) i niskie (0 / False) w układach cyfrowych. Układy kombinacyjne: Wyjaśnia zasadę działania podstawowych bloków kombinacyjnych: koderów, dekoderów (np. dekodera wyświetlacza 7-segmentowego), multiplexerów i demultiplexerów. Układy sekwencyjne (Przerzutniki): Definiuje układ sekwencyjny jako układ posiadający pamięć. Rozpoznaje symbole i podstawowe działanie przerzutników RS oraz D. Zliczanie i rejestry: Identyfikuje podstawowe zadania liczników (zliczanie impulsów) oraz rejestrów (przechowywanie i przesuwanie danych) na schematach blokowych. Praktyka i pomiary: Bezpiecznie zasila układy scalone małej integracji (np. seria TTL 74xx lub CMOS 40xx). Za pomocą multimetru lub sondy logicznej sprawdza stany napięciowe na wejściach i wyjściach bramek w celu weryfikacji ich działania.
- **Wymagania ponadpodstawowe:** Obejmują zaawansowane umiejętności matematycznej syntezy i minimalizacji funkcji logicznych, projektowania złożonych struktur sterowania, analizy przebiegów czasowych na oscyloskopie oraz głębokiej diagnostyki sprzętowej. Algebra Boole'a i minimalizacja: Uczeń stosuje prawa algebry Boole'a (prawa de Morgana, rozdzielności, pochłaniania) do upraszczania wyrażeń logicznych. Przeprowadza minimalizację funkcji logicznych za pomocą siatek Karnaugh'a. Projektowanie układów kombinacyjnych: Samodzielnie projektuje strukturę logiczną (schemat ideowy) układu kombinacyjnego realizującego zadaną funkcję (np. układ priorytetowy, sumator, komparator cyfrowy) na podstawie opisu słownego lub tabeli prawdy. Analiza zaawansowana przerzutników: Szczegółowo analizuje stany dynamiczne przerzutników JK oraz T, z uwzględnieniem wejść synchronicznych, asynchronicznych (Preset, Clear) oraz wyzwiania z boczem sygnału zegarowego (CLK). Analiza przebiegów czasowych: Analizuje i wykreśla przebiegi czasowe (diagramy stanów) dla liczników synchronicznych/asynchronicznych oraz rejestrów przesuwanych.

Aparatura pomiarowa (Oscyloskop): Wykorzystuje oscyloskop dwukanałowy lub analizator stanów logicznych do badania zależności czasowych (np. opóźnień propagacji bramek, drgań styków przełączników) oraz synchronizacji sygnału zegarowego. Powiązanie z PLC i automatyką: Swobodnie przekłada struktury logiki cyfrowej na algorytmy sterowania w językach programowania sterowników PLC (np. implementacja przerzutnika RS w języku LAD/FBD, budowa struktur logicznych w tekście ustrukturyzowanym ST/SCL). Diagnostyka i DTR: Diagnostyka awarii w układach cyfrowych na podstawie kart katalogowych (datasheet) producentów komponentów. Lokalizuje usterki takie jak: "wiszące wejścia" (brak podciągnięcia rezystorem Pull-up/Pull-down), zwarcia w strukturze wewnętrznej, uszkodzenia generatorów zegarowych czy zakłócenia zasilania, formułując zaawansowane wnioski.

Treści nauczania

- **Algebry logiki i elementy algebry Boole'a:** Systemy dwójkowy (BIN), szesnastkowy (HEX), kod BCD, kod Graya; prawa algebry Boole'a; bramki podstawowe (AND, OR, NOT) i negacyjne (NAND, NOR, XOR, XNOR); tablice prawdy.
- **Układy kombinacyjne:** Minimalizacja funkcji logicznych metodą algebry Boole'a oraz siatek Karnaugh'a; budowa i działanie koderów, dekoderów (np. dekodery BCD na 7-segmentowy), multiplexerów (MUX), demultiplexerów (DEMUX), komparatorów i sumatorów.
- **Układy sekwencyjne:** Przerzutniki asynchroniczne i synchroniczne (RS, D, JK, T) wyzwalone poziomem lub zboczem sygnału; rejestry przesuwne; liczniki dwójkowe synchroniczne/asynchroniczne, rewersyjne; rejestry; synteza prostych automatów stanowych (Moore'a i Mealy'ego).

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie zna tablicy prawdy dla podstawowej bramki AND lub OR.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń potrafi z pomocą nauczyciela wykonać proste, powtarzalne zadania. Popołnia błędy, ale zna elementarne pojęcia elektroniki cyfrowej. Systemy liczbowe: Zna pojęcie sygnału cyfrowego i analogowego. Rozróżnia system dziesiętny (DEC) i binarny (BIN). Z pomocą nauczyciela przelicza proste, małe liczby z systemu dziesiętnego na binarny. Bramki logiczne: Rozpoznaje na schemacie symbole podstawowych bramek logicznych: NOT, AND, OR. Wie, jaki stan logiczny (0 czy 1) odpowiada niskiemu i wysokiemu napięciu. Układy cyfrowe: Wie, czym różni się układ kombinacyjny od sekwencyjnego (kojarzy układ sekwencyjny z posiadaniem pamięci). Rozpoznaje symbol przerzutnika RS. Praktyka i BHP: Przestrzega podstawowych zasad BHP przy montażu obwodów elektronicznych. Potrafi z pomocą instrukcji podłączyć zasilanie do układu scalonego. Zapisuje tablice prawdy dla bramek AND, OR, NOT; zamienia liczby z systemu dwójkowego na dziesiętny.
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie wykonuje typowe i proste zadania według dokładnej instrukcji laboratoryjnej. Poprawnie posługuje się podstawowymi narzędziami pomiarowymi. Systemy liczbowe: Samodzielnie i bezbłędnie konwertuje liczby w zakresie 8 bitów między systemami: dziesiętnym (DEC), binarnym (BIN) oraz szesnastkowym (HEX). Bramki logiczne i tabele: Rysuje symbole bramek NOT, AND, OR, NAND, NOR, XOR. Samodzielnie tworzy dla nich tabele prawdy (tabele stanów). Układy kombinacyjne i sekwencyjne: Wyjaśnia rolę i działanie podstawowych bloków, takich jak dekodery (np. wyświetlacza 7-segmentowego), koder, multiplexer. Opisuje, jak działają wejścia S (Set) i R (Reset) w przerzutniku RS. Rozpoznaje przerzutnik typu D. Praktyka i pomiary: Samodzielnie montuje prosty układ logiczny na płytce stykowej. Za pomocą multimetru lub sondy logicznej sprawdza i potwierdza stany logiczne na wejściach i wyjściach bramek, uzupełniając całe sprawozdanie. Minimalizuje proste funkcje logiczne metodą siatek Karnaugh'a; opisuje działanie przerzutników RS i D oraz liczników.
- **Dobry (4):** Uczeń dobrze opanował materiał. Samodzielnie analizuje schematy ideowe, potrafi upraszczać proste funkcje i badać zależności czasowe układów. Algebra Boole'a i upraszczanie: Zna i stosuje podstawowe prawa logiczne (np. prawa de Morgana) do przekształcania wyrażeń logicznych. Potrafi zapisać funkcję logiczną na podstawie tabeli prawdy. Układy kombinacyjne:

Samodzielnie projektuje prosty układ kombinacyjny (np. komparator 2-bitowy) na podstawie opisu słownego i realizuje go na bramkach logicznych. Układy sekwencyjne: Wyjaśnia zasadę działania przerzutników JK oraz T. Rozróżnia wyzwalamie synchroniczne (zegarowe CLK) od asynchronicznego. Wie, do czego służą liczniki i rejestry przesuwne. Aparatura pomiarowa: Wykorzystuje oscyloskop do jednoczesnego podglądu dwóch sygnałów cyfrowych (np. wejścia i wyjścia bramki) i potrafi ocenić ich stan. Integracja z automatyką: Potrafi przełożyć proste funkcje logiczne (AND, OR, NOT) na drabinkowy kod programowania sterowników PLC (LAD). Projektuje układy kombinacyjne (dekodery, multiplexery, sumatory) i sekwencyjne (rejestry przesuwne, liczniki synchroniczne).

- **Bardzo dobry (5):**Uczeń wykazuje pełne i usystematyzowane przygotowanie. Pracuje całkowicie samodzielnie, projektuje zaawansowane układy cyfrowe, potrafi je minimalizować i analizować w stanach dynamicznych. Minimalizacja funkcji: Bezbłędnie i sprawnie przeprowadza optymalizację złożonych funkcji logicznych za pomocą siatek Karnaugh dla 3 lub 4 zmiennych. Projektowanie i analiza dynamiczna: Samodzielnie projektuje od podstaw kompletne układy kombinacyjne i sekwencyjne. Wykreśla i analizuje diagramy czasowe (przebiegi sygnałów) dla liczników synchronicznych oraz rejestrów. Zaawansowane pomiary i diagnostyka: Wykorzystuje oscyloskop cyfrowy lub analizator stanów logicznych do badania czasu propagacji bramek oraz eliminacji drgań styków przełączników. Diagnostyka usterek sprzętowych (np. brak rezystora Pull-up/Pull-down powodujący stan nieustalony na wejściu, uszkodzenia linii zegarowych). Zaawansowane PLC: Swobodnie implementuje złożone struktury cyfrowe (takie jak przerzutniki, liczniki, rejestry) w językach programowania PLC – zarówno graficznych (FBD), jak i tekstowych (SCL/ST z użyciem instrukcji warunkowych). Przeprowadza syntezę prostych automatów stanowych (Moore'a i Mealy'ego) na bramkach lub przerzutnikach.
- **Celujący (6):** Uczeń znacznie wykracza poza ramy standardowego programu nauczania. Wykazuje się myśleniem, realizuje projekty autorskie i elastycznie łączy elektronikę cyfrową z IT i automatyką. Samodzielnie projektuje i programuje układy cyfrowe z wykorzystaniem układów programowalnych lub zaawansowanych mikrokontrolerów. Opracowuje autorskie symulacje komputerowe, projekty płytek drukowanych (PCB) dla budowanych przez siebie zaawansowanych modułów cyfrowych (np. cyfrowy sterownik linii produkcyjnej). Rozwiązuje nietypowe, wysoce problemowe zadania z zakresu hazardu (zakłóceń impulsowych) w układach kombinacyjnych oraz potrafi zoptymalizować czasowo krytyczne magistrale przesyłu danych. Wspiera merytorycznie innych uczniów w klasie, pełniąc rolę lidera i eksperta technicznego podczas złożonych prac laboratoryjnych i projektów zespołowych. Projektuje i implementuje rozbudowany automat cyfrowy sterujący procesem technologicznym na układowych matrycach dołączalnych.

DZIAŁ 4: Sterowniki programowalne PLC

Temat 1: Budowa, języki i struktura programowania sterowników PLC

- **Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi):** rozpoznać sterownik PLC i określić jego przeznaczenie; zinterpretować dane techniczne sterowników programowalnych; określić możliwości zastosowania sterownika; opisać prace eksploatacyjne przy sterownikach; objaśnić działanie CPU sterownika; scharakteryzować moduły sterownika PLC; określić zasady rozbudowy układu o dodatkowe moduły; określić media zasilania i komunikacji sterownika; rozróżnić tekstowe, graficzne i sekwencyjne języki programowania; zapisać funkcje logiczne w programie; rozróżnić instrukcje i bloki funkcyjne oraz bloki sekwencji działań (kroki, przejścia); rozróżnić znormalizowane symbole języków SFC i Grafset; zapisać funkcje programu stosując znormalizowany schemat sekwencyjny SFC i GRAFCET.

- **Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi):** dobrać sterownik do potrzeb eksploatacyjnych; uzasadnić wybór sterownika PLC w odniesieniu do warunków zasilania i potrzeb eksploatacyjnych; narysować schemat sekwencyjny na podstawie instrukcji działania lub schematu montażowego; narysować algorytm w języku LD lub FBD na podstawie instrukcji; narysować schemat sekwencyjny Grafcet/SFC na podstawie instrukcji działania, schematu montażowego i diagramu.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Dopuszczający (2):** Rozróżnia wejścia cyfrowe (Sinking/Sourcing) od wyjść przekaźnikowych/tranzystorowych sterownika.
- **Dostateczny (3):** Zna strukturę cyklu pracy sterownika PLC (odczyt wejść, wykonanie programu, aktualizacja wyjść).
- **Dobry (4):** Przekształca schemat układu przekaźnikowego na program w języku drabinkowym (LD).
- **Bardzo dobry (5):** Projektuje kompletny algorytm sekwencyjny w strukturze GRAFCET dla automatycznego cyklu.
- **Celujący (6):** Optymalizuje czas wykonywania programu (Task Cycle Time) poprzez właściwe zarządzanie przerwami sprzętowymi.

Dział 5: Manipulatory i robotyka

Temat 1 : Maszyny manipulacyjne i roboty przemysłowe

- **Wymagania podstawowe:** Obejmują kluczowe pojęcia, budowę robotów, podstawowe struktury kinematyczne oraz elementarne umiejętności ręcznego sterowania i uruchamiania gotowych programów ruchowych. Pojęcia podstawowe: Uczeń definiuje pojęcia: manipulator, robot przemysłowy, stopień swobody, przestrzeń robocza, efektor (chwytnik, narzędzie). Budowa robota: Identyfikuje i opisuje główne komponenty robota przemysłowego: jednostkę mechaniczną (ramię), kontroler (szafę sterowniczą), panel programowania (Teach Pendant) oraz układy napędowe (elektryczne, pneumatyczne). Struktury kinematyczne: Rozróżnia i wskazuje podstawowe konfiguracje robotów na podstawie osi ruchu: kartezjańskie, cylindryczne, sferyczne, typu SCARA oraz antropomorficzne (przegubowe). Układy współrzędnych: Rozróżnia podstawowe układy współrzędnych stosowane podczas sterowania robotem (układ osiowy/stawowy JOINT oraz kartezjański). Ręczne sterowanie (Jogging): Bezpiecznie uruchamia robota i steruje nim ręcznie (porusza poszczególnymi osiami) za pomocą panelu Teach Pendant w niskiej, bezpiecznej prędkości. Obsługa programów: Potrafi załadować istniejący program z pamięci kontrolera, uruchomić go w trybie krokowym lub automatycznym oraz zatrzymać robota w bezpieczny sposób. BHP: Ścisłe przestrzega zasad bezpieczeństwa (BHP) podczas pracy w gnieździe robotycznym; prawidłowo korzysta z przycisku bezpieczeństwa (E-STOP) oraz trójpozycyjnego przycisku zezwolenia.
- **Wymagania ponadpodstawowe:** Obejmują zaawansowane umiejętności matematycznego opisu przestrzeni, samodzielnego programowania ścieżek ruchu, konfiguracji narzędzi, integracji robota z otoczeniem produkcyjnym oraz diagnostyki systemów bezpieczeństwa. Układy współrzędnych narzędzia i obiektu: Uczeń samodzielnie definiuje i kalibruje układ współrzędnych narzędzia (TCP – Tool Center Point) oraz układ współrzędnych bazy użytkownika/obiektu (USER FRAME/WORK OBJECT). Programowanie strukturalne: Samodzielnie pisze programy ruchu w języku dedykowanym dla danego robota (np. RAPID dla ABB, KRL dla Kuka, TP dla Fanuc) z wykorzystaniem instrukcji ruchu: liniowego (MOVE L), punktowego/osiowego (MOVE J) oraz kołowego (MOVE C). Instrukcje warunkowe i rejestry:

Wykorzystuje w programach robotów zmienne, rejestry pozycyjne, pętle oraz instrukcje warunkowe (IF...THEN) do realizacji zadań typu Pick and Place (pobierz i odłóż) z uwzględnieniem sygnałów z czujników. Integracja systemowa (I/O): Konfiguruje i programuje sygnały wejścia/wyjścia (I/O) robota. Integruje pracę robota z urządzeniami zewnętrznymi, takimi jak sterownik PLC, podajniki, transportery taśmowe czy czujniki obecności detalu. Oprogramowanie offline: Tworzy aplikacje zrobotyzowane w środowiskach symulacyjnych offline (np. RobotStudio, RoboGuide, KUKA.Sim) – programuje trajektorie, optymalizuje czas cyklu pracy oraz sprawdza program pod kątem kolizji i osobiwości kinematycznych (punktów osobiwych). Korzysta z dokumentacji techniczno-ruchowej (DTR) podczas montażu, parametryzacji i rekonfiguracji chwytaków. Diagnostyka i serwis: Przeprowadza procedurę bazowania (kalibracji/masteringu) osi robota.

Treści nauczania

1. **Kinematyka:** Rodzaje maszyn manipulacyjnych, Roboty przemysłowe, Elementy robota. Pojęcie ciało sztywne, punkt materialny, więzy, ogniwa, przeguby. Charakterystyka, przeznaczenie, Łańcuch kinematyczny. Rodzaje połączeń ruchomych. Rodzaje i oznaczenia przegubów. Parametry charakteryzujące mechanizm kinematyczny: liczba stopni swobody, ruchliwość, manewrowość, punkt TCP. Zadania.
 - **Klasyfikacja i budowa robota przemysłowego:** Struktury kinematyczne (konfiguracja kartezyjska, cylindryczna, sferyczna, antropomorficzna, SCARA, przegubowe/antropomorficzne, delta); pojęcia: stopnie swobody (DoF), przestrzeń robocza, udźwig, powtarzalność i dokładność pozycjonowania.
 - **Napędy i sensoryka w robotyce:** Przekładnie bezluzowe (falowe, planetarne); serwonapędy prądu przemiennego (AC), silniki krokowe; enkodery absolutne, czujniki siły/momentu w kiści robota, systemy wizyjne 2D/3D.
 - **Sterowanie i programowanie robotów. Metody programowania:** Układy współrzędnych (JOINT, BASE, TOOL, WORLD); odwrotne i proste zadanie kinematyki; programowanie w układzie kartezyjskim i w przestrzeni, programowanie z panela Teach Pendant (metoda uczenia / Teach-In) oraz offline w symulatorach 3D; rodzaje ruchów: PTP (punkt do punktu), LIN (liniowy), CIRC (po okręgu); systemy bezpieczeństwa (skanery laserowe, kurtyny, prędkość bezpieczna T1).
 - **Język programowania:** aplikacja RobLAB firmy Mechatronik.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie potrafi podać podstawowych zastosowań robotów przemysłowych.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń potrafi z pomocą nauczyciela wykonać podstawowe czynności obsługowe. Zna elementarne pojęcia i potrafi zidentyfikować stanowisko zrobotyzowane. Teoria i budowa: Definiuje pojęcia: manipulator, robot przemysłowy i przestrzeń robocza. Rozpoznaje na stanowisku mechaniczną strukturę robota (ramię), kontroler oraz panel programowania (Teach Pendant). Układy współrzędnych i ruch: Wie, czym różni się ręczne sterowanie robotem w układzie osiowym (poruszanie pojedynczym przegubem) od układu kartezyjskiego (ruch liniowy w osiach X, Y, Z). Obsługa podstawowa: Potrafi z pomocą instrukcji lub nauczyciela włączyć zasilanie robota, skasować podstawowe błędy i przygotować napędy do pracy. BHP: Zna i wskazuje położenie grzybkowego wyłącznika bezpieczeństwa (E-STOP) na panelu oraz na szafie sterowniczej. Wymienia typy robotów (SCARA, przegubowy); rozpoznaje elementy składowe (kiść, chwytak, kontroler).
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie wykonuje typowe, proste zadania ruchowe według dokładnej instrukcji laboratoryjnej. Zna podstawowe parametry techniczne i potrafi bezpiecznie sterować urządzeniem. Teoria i budowa: Definiuje pojęcia: stopień swobody, efektor oraz TCP (Tool Center Point). Rozróżnia i wskazuje podstawowe konfiguracje kinematyczne robotów: kartezyjską, typu SCARA oraz antropomorficzną (przegubową). Ręczne sterowanie (Jogging): Samodzielnie i bezpiecznie steruje robotem w trybie ręcznym (JOG) z niską prędkością, wykorzystując układy współrzędnych JOINT (osiowy) oraz WORLD (kartezyjski bazowy).

Obsługa programów: Samodzielnie wywołuje istniejący program z pamięci kontrolera, uruchamia go w trybie krokowym lub automatycznym, monitoruje trajektorię i zatrzymuje robota. BHP: Przestrzega rygorystycznych zasad BHP wewnątrz wygradzeń bezpiecznych i strefy roboczej maszyny manipulacyjnej. Opisuje stopnie swobody, przestrzeń roboczą oraz układy współrzędnych (JOINT, BASE, TOOL, WORLD).

- **Dobry (4):** Uczeń dobrze opanował materiał. Samodzielnie analizuje proste aplikacje zrobotyzowane, uczy robota nowych punktów (punktowanie) i pisze nieskomplikowane programy sekwencyjne. Teoria i mechanika: Opisuje działanie i przeznaczenie napędów stosowanych w robotyce (serwonapędy, napędy pneumatyczne chwytaków). Rozumie ograniczenia przestrzeni roboczej robota. Programowanie ruchowe: Samodzielnie programuje trajektorię ruchu robota z użyciem panelu Teach Pendant. Prawdłowo stosuje podstawowe instrukcje ruchu: przegubowego (MOVE J), liniowego (MOVE L) oraz kołowego (MOVE C), definiując parametry prędkości i dokładności dojścia do punktu. Instrukcje wejść/wyjść: Tworzy proste programy typu Pick and Place (pobierz i odłóż), wykorzystując podstawowe sygnały wejściowe i wyjściowe cyfrowe (DI/DO) do sterowania chwytakiem pneumatycznym lub elektrycznym. Oprogramowanie offline: Potrafi otworzyć gotową scenę w programie do symulacji offline (np. RobotStudio, RoboGuide, KUKA.Sim) i przetestować w niej działanie trajektorii ruchu. Prawdłowo opisuje zasady programowania z panela Teach Pendant; odróżnia ruchy PTP, LIN, CIRC oraz stosuje zasady bezpieczeństwa.
- **Bardzo dobry (5):** Uczeń wykazuje pełne, przygotowanie. Pracuje całkowicie samodzielnie, konfiguruje układy współrzędnych, pisze zaawansowane programy strukturalne i integruje robota z zewnętrzną automatyką. Kalibracja struktur: Samodzielnie definiuje i kalibruje układ współrzędnych narzędzia (TOOL FRAME / TCP) oraz układ współrzędnych obiektu/bazy (USER FRAME / WORK OBJECT). Programowanie strukturalne: Pisze czytelny kod w języku dedykowanym dla danego robota (np. RAPID, KRL, TP) z wykorzystaniem zmiennych, rejestrów pozycyjnych, pętli (FOR, WHILE) oraz instrukcji warunkowych (IF...THEN...ELSE). Integracja systemowa: Konfiguruje mapę sygnałów i integruje robota ze sterownikiem PLC poprzez przemysłowe sieci komunikacyjne (np. Profinet). Programuje zaawansowany proces wymiany sygnałów zapewniający bezpieczną współpracę robota z transporterem czy stacją montażową. Symulacje offline i DTR: Projektuje od podstaw stanowisko zrobotyzowane w środowisku symulacyjnym, optymalizuje czas cyklu pracy, dobiera chwytaki z katalogów i eliminuje zjawisko osobliwości kinematycznych (punktów osobliwych). Diagnostyka i serwis: Wykorzystuje dokumentację techniczno-ruchową (DTR) i kody błędów kontrolera do lokalizacji i usuwania usterek (np. błędy przeciążenia osi, błędy enkoderów). Potrafi przeprowadzić procedurę bazowania/kalibracji osi robota (tzw. mastering). Wyjaśnia proste i odwrotne zadanie kinematyki; dobiera sensorykę i przekładnie bezluzowe do robotów.
- **Celujący (6):** Uczeń znacznie wykracza poza standardowy program technikum. Wykazuje innowacyjność, realizuje zaawansowane projekty autorskie i swobodnie łączy robotykę z nowoczesnymi technologiami IT. Integruje systemy robotyczne z zaawansowanymi systemami wizyjnymi (kamery przemysłowe) – programuje dynamiczne pobieranie detali z pasów transmisyjnych. Konfiguruje, programuje i wdraża aplikacje z użyciem robotów współpracujących (Cobotów). Pełni rolę lidera zespołu projektowego na pracowni robotyki, służąc bezbłędną pomocą merytoryczną innym uczniom w klasie. Projektuje stanowisko zautomatyzowane z robotem przemysłowym, uwzględniając bilans masowy, czas cyklu i strefy bezpieczeństwa.

Temat 2: Obrabiarki CNC

- **Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi):** scharakteryzować cechy konstrukcyjne obrabiarek CNC i robotów przemysłowych; wskazać różnice w stosunku do maszyn konwencjonalnych; wymienić i podać znaczenie głównych kodów programowania w standardzie ISO; scharakteryzować układy współrzędnych oraz punkty charakterystyczne (M, W, R); scharakteryzować sposoby programowania maszyn CNC; omówić podstawowe cykle obróbkowe, narzędzia, głowice narzędziowe, ustawianie narzędzia i mocowanie przedmiotów; omówić podział maszyn manipulacyjnych i cechy chwytaków; scharakteryzować zasady sterowania numerycznego: pozycjonowanie, liczbę i konfigurację osi, napędy robotów, sterowanie ruchem, dobór układu współrzędnych robota oraz sensoryczne sterowanie robotem.
- **Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi):** zinterpretować programy w znormalizowanych językach programowania dla obrabiarek CNC i językach robotów; omówić elastyczne systemy wytwarzania, zasady interpolacji, kompensacji błędów w maszynie CNC; omówić zasady sterowania ruchem, doboru układu współrzędnych w maszynie CNC; omówić zasady kinematyki robotów.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Dopuszczający (2):** Uczeń potrafi z pomocą nauczyciela lub instrukcji wykonać podstawowe czynności obsługowe. Zna elementarne pojęcia i potrafi zidentyfikować maszynę sterowaną numerycznie. Teoria i budowa: Definiuje skrót CNC. Rozpoznaje podstawowe typy obrabiarek (tokarka CNC, frezarka CNC). Wskazuje na maszynie pulpit sterowniczy, przestrzeń roboczą oraz wrzeciono. Układy współrzędnych: Zna podstawowe osie układu współrzędnych obrabiarek (X, Z dla tokarek; X, Y, Z dla frezarek). Wie, czym różni się ruch w kierunku dodatnim od ujemnego. Obsługa podstawowa: Potrafi z pomocą nauczyciela włączyć i wyłączyć obrabiarkę CNC oraz zresetować stan awaryjny (E-STOP). Programowanie i BHP: Rozpoznaje strukturę bloku programu w języku G-code. Wie, gdzie szukać podstawowych informacji w instrukcji stanowiskowej i bezwzględnie przestrzega zasad BHP w pracy z maszynami skrawającymi. Rozróżnia kody przygotowawcze G od funkcji pomocniczych M w strukturze programu CNC.
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie wykonuje typowe, proste zadania według dokładnej instrukcji. Poprawnie obsługuje panel sterowania. Teoria i budowa: Wyjaśnia różnice między obróbką konwencjonalną a sterowaną numerycznie. Zna podstawowe parametry skrawania (prędkość obrotowa n , posuw f , głębokość skrawania). Układy współrzędnych: Rozróżnia i wskazuje punkty charakterystyczne obrabiarek CNC: punkt zerowy maszyny (M), punkt referencyjny (R) oraz punkt zerowy przedmiotu obrabianego (W). Obsługa i uzbrajanie: Samodzielnie bazuje maszynę (dojście do punktu R). Bezpiecznie montuje przygotowany detal w uchwycie lub imadle. Potrafi ręcznie (w trybie JOG lub za pomocą kółka impulsowego) przemieszczać osie obrabiarki. Programowanie: Samodzielnie wprowadza gotowy program (kod źródłowy) do pamięci sterownika (np. Sinumerik, Fanuc, HAAS) z nośnika USB lub klawiatury. Rozróżnia i wyjaśnia funkcje podstawowych kodów przygotowawczych: G00 (ruch szybki), G01 (ruch roboczy liniowy) oraz funkcji pomocniczych M03, M05, M30. Symulacja: Uruchamia graficzną symulację programu na panelu w celu weryfikacji poprawności toru ruchu narzędzia przed fizycznym uruchomieniem obróbki. Definiuje znaczenie punktu zerowego maszyny (M), punktu zerowego przedmiotu obrabianego (W) i punktu referencyjnego (R).
- **Dobry (4):** Uczeń dobrze opanował materiał. Samodzielnie analizuje rysunek techniczny, dobiera podstawowe oprzyrządowanie, ustawia układ współrzędnych oraz pisze proste programy obróbkowe. Technologia skrawania: Samodzielnie dobiera podstawowe narzędzia skrawające (noże tokarskie, frezy) oraz parametry pracy na podstawie tabel katalogowych i właściwości obrabianego materiału. Ustawianie maszyny: Samodzielnie dokonuje pomiaru i ustawienia punktu zerowego przedmiotu obrabianego (W) w osiach maszyny. Przeprowadza podstawowy pomiar długości i promienia narzędzi (ustawianie korekcji narzędziowych).

Programowanie ręczne: Samodzielnie pisze programy w języku G-code (według normy ISO) dla prostych geometrii. Prawdłowo programuje obróbkę po łuku (G02, G03). Kontroluje wymiary gotowego wyrobu za pomocą przyrządów suwmiarkowych i mikrometrycznych. Charakteryzuje konfiguracje osi robotów przemysłowych (np. kartezjański, SCARA, antropomorficzny).

- **Bardzo dobry (5):** Uczeń wykazuje pełne, przygotowanie. Pracuje całkowicie samodzielnie, optymalizuje proces, stosuje zaawansowane cykle stałe w kodzie, programuje w systemach CAM i diagnozuje błędy sterowania. Zaawansowane programowanie (Cykle stałe): Swobodnie pisze zaawansowane programy CNC przy użyciu cykli obróbczych (np. cykle planowania, wiercenia, gwintowania, toczenia zgrubnego i wykańczającego, frezowania kieszeni) oraz korzysta z podprogramów. Systemy CAD/CAM: Tworzy prosty model 2D/3D w programie CAD, generuje ścieżki narzędzia w programie CAM i przeprowadza proces (wygenerowania poprawnego G -codu na konkretny sterownik obrabiarki). Diagnostyka mechatroniczna: Wykorzystuje Dokumentację Techniczno-Ruchową (DTR) obrabiarki do lokalizacji usterek. Interpretuje kody błędów zgłaszane przez system sterowania (np. błędy enkoderów, błędy przeciążenia napędów osiowych). Układy wykonawcze CNC: Rozumie i potrafi wyjaśnić budowę mechatroniczną maszyny (działanie śrub tocznych, serwonapędów osiowych, przetworników pomiarowych położenia, magazynów narzędzi oraz układów smarowania i chłodzenia). Bez błędów interpretuje zaawansowany program obróbczy CNC zawierający interpolację kołową (G02/G03) i kompensację promienia ostrza (G41/G42).
- **Celujący (6):** Uczeń znacznie wykracza poza standardowy program nauczania technikum. Wykazuje się wysoką innowacyjnością, samodzielnie rozwiązuje trudne problemy technologiczne i integruje maszyny CNC w automatycznych liniach produkcyjnych. Projektuje skomplikowane procesy technologiczne obróbki wieloosiowej (np. elementy o skomplikowanych powierzchniach swobodnych) w zaawansowanych systemach CAM i wdraża je na maszynie. Integruje obrabiarkę CNC z zewnętrznymi urządzeniami automatyki mechatronicznej, np. programuje współpracę maszyny CNC z robotem przemysłowym podającym detale (Machine Tending) za pomocą sygnałów I/O (M-funkcje sterownika zsynchronizowane z PLC robota). Wykazuje postawę leaderską na pracowni szkolnej, bezbłędnie asystując i pomagając innym uczniom w konfiguracji maszyn. Rozwiązuje proste zadania kinematyki prostej i odwrotnej manipulatora o dwóch stopniach swobody przy użyciu notacji Denavita-Hartenberga.

Dział 6: Sieci internetowe i przemysłowe

- **Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi):** omówić sieci telekomunikacyjne i usługi internetowe; scharakteryzować przemysłowe protokoły komunikacyjne: Profibus, Modbus; scharakteryzować połączenia w przemysłowych sieciach komunikacyjnych oraz sieci lokalnej LAN - Ethernet; omówić wady i zalety mediów sieciowych; scharakteryzować interfejsy i moduły komunikacyjne sterownika PLC oraz moduły w urządzeniach i napędach mechatronicznych; omówić stosowanie zmiany nastawy parametrów przez sieć komunikacyjną w urządzeniach i napędach mechatronicznych; zastosować polecenia diagnozujące stan sieci komunikacyjnej; omówić stosowanie oceny stanu technicznego przez sieć.
- **Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi):** wyjaśnić zasady adresowania w sieci Ethernet; uruchomić połączenie w sieci Profibus, Modbus oraz sieci lokalnej LAN - Ethernet; omówić zdalny monitoring, zdalne systemy diagnostyki urządzeń mechatronicznych oraz zdalną diagnostykę układów sterowania w urządzeniach mechatronicznych.

Treści nauczania

- **Podstawy transmisji danych:** Model ISO/OSI i TCP/IP; transmisja szeregową i równoległą; interfejsy RS-232, RS-485 (pętla różnicowa); topologie sieciowe; media transmisyjne (skrętka miedziana UTP/FTP, światłowody, fale radiowe), krosowanie przewodów

- **Sieci przemysłowe :**
 - urządzenia sieciowe aktywne i nieaktywne, symbole; regenerator, wzmacniak, ripiter, koncentrator, hab, przełącznik, most, modem, ruter
 - sposoby transmisji i adresowania w LAN
 - adresowanie klasowe i bezklasowe, klasy adresów
 - adresy sieciowe IPV4, IPV6
 - struktura adresu IP, adres IP, MAC, maska, adres sieci, adres rozgłoszeniowy broadcast, liczba hostów w sieci i ich adresy w zapisie skróconym, w notacji kropkowo-dziesiętnej, prefiksowej; zadania
 - Symulacja w programie Cisco Packet Tracer
 - Podział sieci na podsieci; zadania
 - Protokoły sieci, usługi; DHCP, TCP/IP, ICMP, SMPT, ARP, serwery DNS
 - Polecenia, komendy PING, TRACERT, tracerute
 - Sieci polowe: Profibus DP, Modbus RTU, CANopen, AS-Interface (AS-i).
 - Przemysłowy Ethernet: Profinet, Modbus TCP, EtherCAT; determinizm czasowy; adresacja IP, maska podsieci, adres MAC, konfigurowanie węzłów sieci za pomocą plików opisowych (np. GSD / GSDML).
 - Sieci komputerowe. Rodzaje, zasięg. Właściwości, charakterystyka LAN, MAN, WAN. Topologie sieciowe.
 - Podstawy budowy i działania sieci komputerowych. Media transmisyjne. Rodzaje sieci komunikacyjnych.
 - Rodzaje transmisji informacji. Sieci szerokopasmowe, wąskopasmowe. Transmisja synchroniczna i asynchroniczna.
 - Modele warstwowe sieci. Model ISO/OSI.
 - Urządzenia aktywne sieci LAN.
 - Protokoły komunikacyjne: ADSL, PLC, ISDN, Internet.
 - Model warstwowy sieci.
 - Adres IP sieci, hosta. Maska sieci, hosta.
 - Struktura adresu IP. Numery sieci i maski.
 - Klasy adresów IP.
 - Podsieci i super sieci. Rutowanie.
 - Dostęp do sieci: Master/Slave, typu token, typu CSMA/CD i CSMA/CA.
 - Klasy sieci.
 - Sieć komunikacyjna AS-i. Zasada działania, budowa magistrali.
 - Przykłady zastosowań sieci AS-i w systemie mechatronicznym.
 - Sieć komunikacyjna InterBus.
 - Sieć komunikacyjna Modbus.
 - Sieć komunikacyjna Profibus.
 - Bezpieczeństwo transmisji informacji w systemach komunikacyjnych.
 - Powtórzenie i utrwalenie wiadomości z sieci komunikacyjnych
- **Komunikacja cyfrowa i Przemysł 4.0:** Integracja urządzeń mechatronicznych z serwerami WWW.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie potrafi odróżnić przewodu sieciowego od elektrycznego, nie zna urządzeń sieciowych.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń potrafi wykonać proste zadania o niskim stopniu trudności przy pomocy nauczyciela. Zna najbardziej podstawowe pojęcia i symbole. Podstawy transmisji: Wymienia warstwy modelu ISO/OSI i TCP/IP; rozróżnia transmisję szeregową od równoległą; wskazuje podstawowe media transmisyjne (skrętka, światłowód). Urządzenia sieciowe:
Rozpoznaje podstawowe urządzenia sieciowe (ruter, przełącznik, hub) i przyporządkowuje im podstawowe symbole graficzne. Adresowanie IP: Przepisuje poprawnie adres IP i maskę; odróżnia adres IPv4 od IPv6; wskazuje, który adres to adres MAC. Cisco Packet Tracer:

Potrafi uruchomić program i umieścić na scenie roboczej komputer oraz przełącznik. Protokoły i diagnostyka: Rozwija skróty podstawowych protokołów (DNS, DHCP, IP); potrafi wpisać w wierszu poleceń komendę ping. Sieci polowe i przemysłowe: Wymienia nazwy podstawowych sieci przemysłowych (Profibus, Modbus, AS-i). Wymienia topologie sieciowe; rozróżnia transmisję szeregową i równoległą, zna topologie sieciowe. Sprawdza fizyczne połączenie kabla Ethernet (stan diod LED Link/Act na porcie).

- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie wykonuje proste zadania, rozumie podstawowe pojęcia i potrafi zastosować wiedzę w typowych sytuacjach. Podstawy transmisji: Opisuje przeznaczenie poszczególnych warstw modelu ISO/OSI; wyjaśnia różnicę między skrętką UTP a FTP; rozróżnia światłowód jednomodowy od wielomodowego; zna standardy T568A i T568B. Urządzenia sieciowe: Definiuje funkcje urządzeń aktywnych (repeater, hub, switch, bridge, router, modem); wyjaśnia, w której warstwie modelu ISO/OSI działają poszczególne urządzenia. Adresowanie IP: Wyjaśnia pojęcie klasowego adresowania IP (klasy A, B, C); definiuje pojęcia: adres sieci, adres hosta, adres rozgłoszeniowy (broadcast). Cisco Packet Tracer: Potrafi połączyć urządzenia odpowiednim kablem (prosty/skrosowany) i przypisać im statyczne adresy IP w programie symulacyjnym. Protokoły i diagnostyka: Opisuje przeznaczenie protokołów DHCP, ARP, ICMP, DNS, SMTP; interpretuje podstawowy wynik działania poleceń ping oraz tracert. Sieci polowe i przemysłowe: Opisuje ogólnie przeznaczenie sieci Profibus DP, Modbus RTU, CANopen oraz AS-i; wskazuje specyfikę żółtego przewodu w sieci AS-i. Przemysłowy Ethernet: Rozróżnia standardy Profinet, Modbus TCP i EtherCAT; definiuje pojęcie determinizmu czasowego. Opisuje interfejsy RS-232, RS-485 i Ethernet; podaje adres IP i maskę podsieci komputera lub PLC. Konfiguruje statyczny adres IP, maskę podsieci i bramę domyślną w karcie sieciowej komputera.
- **Dobry (4):** Uczeń sprawnie posługuje się wiedzą, rozwiązuje typowe zadania problemowe i potrafi dokonać prostej analizy działania systemów sieciowych. Podstawy transmisji: Porównuje interfejsy RS-232 i RS-485, wyjaśniając przewagę pętli różnicowej w warunkach przemysłowych; charakteryzuje i rysuje topologie sieciowe (gwiazda, magistrała, pierścień). Urządzenia sieciowe: Wyjaśnia różnicę w działaniu huba i switcha, posługując się pojęciem domeny kolizyjnej i domeny rozgłoszeniowej. Adresowanie IP: Samodzielnie oblicza adres sieci, adres rozgłoszeniowy oraz liczbę dostępnych hostów dla zadanej maski w notacji kropkowo-dziesiętnej i prefiksowej. Cisco Packet Tracer: Buduje działającą strukturę sieci LAN składającą się z kilku podsieci połączonych ruterem i konfiguruje podstawowy routing statyczny. Protokoły i diagnostyka: Wyjaśnia mechanizm działania protokołu ARP (mapowanie IP na MAC) oraz sekwencję kroków przy zapytaniu DNS. Sieci polowe i przemysłowe: Wyjaśnia zasady dostępu do medium: Master/Slave, Token Passing, przyporządkowując je do odpowiednich sieci. Przemysłowy Ethernet; Charakteryzuje sieci Profibus DP, Profinet i Modbus RTU/TCP, wyznacza adres sieci, adres rozgłoszeniowy, liczbę hostów w sieci, dokonuje podziału sieci na podsieci.
- **Bardzo dobry (5):** Uczeń wykazuje się pełnym zrozumieniem materiału, potrafi łączyć wiedzę z różnych działów (np. IT i automatyki) oraz samodzielnie rozwiązuje trudne zadania obliczeniowe i konfiguracyjne. Podstawy transmisji i bezpieczeństwa: Szczegółowo analizuje zagrożenia bezpieczeństwa transmisji informacji w systemach komunikacyjnych i proponuje metody ich eliminacji; charakteryzuje transmisję synchroniczną i asynchroniczną na poziomie struktur ramek danych. Adresowanie IP (VLSM): Przeprowadza bezbłędny, zaawansowany podział sieci na podsieci o zmiennej długości maski (VLSM) dla zadanego projektu o różnych wymaganiach dotyczących liczby hostów. Cisco Packet Tracer: Diagnostuje i usuwa błędy konfiguracyjne w złożonych topologiach sieciowych przygotowanych przez nauczyciela. Integracja systemów mechatronicznych: Diagnostuje błędy transmisji sieci Profibus za pomocą poleceń systemowych i analizy rejestrów diagnostycznych PLC.
- **Celujący (6):** Uczeń samodzielnie zdobywa wiedzę, rozwiązuje problemy o charakterze nietypowym, wykazuje się inwencją twórczą i potrafi zaprojektować kompletne środowisko sieciowe.

Projektowanie systemów: Projektuje od podstaw kompletną, strukturę sieciową, uwzględniając podział na sieć korporacyjną (biurową) oraz sieć przemysłową (OT) z zachowaniem pełnego bezpieczeństwa i determinizmu czasowego. Projektuje i tworzy wielopoziomową strukturę komunikacyjną wymiany danych między PLC, robotem, serwerem i systemem SCADA.

Dział 7: Regulatory PID i automatyka regulacji

- **Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi):** zinterpretować zapis matematyczny członów układów regulacji; rozróżnić parametry członów układów regulacji; rozróżnić na podstawie schematów rodzaje układów regulacji; objaśnić budowę i zastosowanie układów regulacji; określić i scharakteryzować funkcje członów układów regulacji; objaśnić prace eksploatacyjne przy obsłudze elementów układów regulacji; zinterpretować wyniki symulacji przebiegów procesów regulacji.
- **Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi):** dobrać metody i przyrządy pomiarowe (temperatury, ciśnienia, przepływu, napięcia, prądu) w układach regulacji; sformułować wnioski odnośnie zmiany nastaw regulatorów i parametrów układów regulacji na podstawie wyników symulacji procesów; dokonać zmiany nastaw członów układów regulacji.

Treści nauczania

- **Pojęcia podstawowe automatyki:** Układ otwarty i zamknięty (ze sprzężeniem zwrotnym); wielkość nastawiana, zmienna regulowana, uchyb regulacji ($e(t) = r(t) - y(t)$); klasyfikacja obiektów regulacji (statyczne, dynamiczne, z opóźnieniem transportowym).
- **Struktura regulatora PID:**
 - Działanie proporcjonalne (P): wzmocnienie K_p , czas zakresu proporcjonalności, powstawanie uchybu ustalonego.
 - Działanie całkujące (I): czas dudnienia/całkowania T_i , eliminacja uchybu ustalonego, zjawisko Wind-up.
 - Działanie różniczkowe (D): czas wyprzedzenia T_d , reakcja na szybkość zmian uchybu.
 - Technika regulacji. Pojęcia podstawowe.
 - Człon proporcjonalny. Przykłady.
 - Człon inercyjny I rzędu. Przykłady.
 - Człon inercyjny II rzędu.
 - Człon całkujący.
 - Człon różniczkujący.
 - Człon opóźniający.
 - Połączone działania wielu członów regulacji.
 - Regulatory nieciągłe i ciągłe.
 - Regulatory cyfrowe.
 - Algorytm pozycyjny regulacji PID.
 - Algorytm przyrostowy regulacji PID.
 - Regulacja obiektów statycznych.
 - Regulacja obiektów astatycznych.
 - Stabilność układów regulacji.
 - Regulacja stałowartościowa prędkości obrotowej silnika.
 - Regulacja prędkości obrotowej z wykorzystaniem regulatora PI.
 - Regulacja położenia w układzie napędowym z silnikiem elektrycznym z wykorzystaniem regulatora P.
 - Regulacja nadążna położenia w układach napędowych maszyn i robotów.
- **Metody strojenia i implementacja:** Strojenie regulatora metodami doświadczalnymi oraz metodą odpowiedzi skokowej Zieglera-Nicholsa; konfigurowanie i wywołanie bloku regulatora (np. PID_Compact w środowisku Siemens TIA Portal) do regulacji temperatury, poziomu cieczy lub obrotów silnika.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie rozróżnia układu otwartego od układu ze sprzężeniem zwrotnym.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń posiada podstawową, fragmentaryczną wiedzę i przy pomocy nauczyciela potrafi zidentyfikować kluczowe pojęcia. Technika regulacji: Definiuje (często intuicyjnie) podstawowe pojęcia: wartość zadana, zakłócenie, uchyb. Wie, że uchyb to różnica między tym, co chcemy osiągnąć, a tym, co jest na wyjściu. Człony automatyki: Potrafi wymienić nazwy kilku członów (np. proporcjonalny, całkujący, opóźniający) i z pomocą nauczyciela wskazuje je na schemacie blokowym. Struktura PID: Rozwija skrót PID. Wie, że regulator ten składa się z trzech części i służy do sterowania różnymi obiektami (np. temperaturą lub obrotami). Układy napędowe: Kojarzy, że w silnikach elektrycznych reguluje się prędkość obrotową (obroty) oraz położenie (pozycję wału). Definiuje uchyb regulacji; wymienia człony regulatora PID (P, I, D) z pomocą nauczyciela. Identyfikuje na schemacie blokowym obiekt regulacji, czujnik i regulator.
- **Dostateczny (3):** Uczeń musi spełnić wszystkie poniższe kryteria samodzielnie (bez stałej pomocy nauczyciela, która cechuje ocenę dopuszczającą): Podstawowa terminologia: Definiuje i poprawnie rozróżnia sygnały w układzie automatycznej regulacji: wartość zadana (w), wartość wyjściowa (y), uchyb (e), sygnał sterujący (u) oraz zakłócenie (z). Człony automatyki: Wymienia i wskazuje na schematach podstawowe człony dynamiczne (proporcjonalny, inercyjny I i II rzędu, całkujący, różniczkujący, opóźniający) oraz przyporządkowuje do nich proste przykłady fizyczne (np. zbiornik wodny, nagrzewający się piec). Działanie regulatora PID: Wyjaśnia ogólne przeznaczenie każdej składowej: P – odpowiada za siłę i szybkość reakcji (wzmocnienie (K_p)), ale pozostawia uchyb ustalony. I – służy do całkowitego usuwania uchybu ustalonego. D – reaguje na szybkość zmian i hamuje nagłe skoki układu. Regulatory ciągłe i nieciągłe: Wyjaśnia różnicę w działaniu regulatora ciągłego (płynna zmiana sterowania, np. PID) oraz nieciągłego (skokowe działanie typu włącz/wyłącz, np. domowy termostat). Układy napędowe: Rozróżnia regulację stałowartościową (np. utrzymanie stałych obrotów silnika pomimo obciążenia) od regulacji nadążnej (np. ruch ramienia robota po zadanej ścieżce). Wie, że do stabilizacji prędkości silnika stosuje się regulator PI. Opisuje wpływ nastaw K_p , T_i , T_d na przebieg regulacji; rozróżnia obiekty statyczne i dynamiczne. Wyjaśnia rolę członów proporcjonalnego (P), całkującego (I) i różniczkującego (D).
- **Dobry (4):** Uczeń wykazuje się zrozumieniem relacji przyczynowo-skutkowych, potrafi opisać człony za pomocą transmitancji oraz rozumie zjawiska nieliniowe i algorytmy dyskretne. Analiza członów i połączeń: Zapisuje transmitancje operatorowe ($G(s)$) dla podstawowych członów (P, I, D, inercyjnego I rzędu oraz opóźniającego). Wyjaśnia zasady łączenia członów (szeregowe, równoległe, ze sprzężeniem zwrotnym) i potrafi wyznaczyć dla nich prostą transmitancję zastępczą. Właściwości regulatora PID: Definiuje czas zakresu proporcjonalności oraz wyjaśnia mechanizm powstawania uchybu ustalonego przy regulacji obiektów statycznych samym regulatorem P. Definiuje czas całkowania (T_i) oraz czas wyprzedzenia (T_d). Algorytmy cyfrowe: Tłumaczy zasadę działania regulatora cyfrowego (próbkiowanie z czasem (T_p)). Wyjaśnia fundamentalną różnicę pomiędzy algorytmem pozycyjnym (obliczanie pełnej wartości sterowania) a przyrostowym (obliczanie zmiany sterowania Δu). Klasyfikacja obiektów: Porównuje obiekty statyczne i astatyczne pod kątem ich odpowiedzi na stały sygnał sterujący oraz zachowania uchybu ustalonego. Układy napędowe: Uzasadnia, dlaczego w regulacji położenia wału silnika (obiekt astatyczny) wystarczającym jest regulator proporcjonalny (P) do osiągnięcia zerowego błędu w stanie ustalonym. Konfiguruje blok regulatora PID (np. PID_Compact) w oprogramowaniu PLC. Dobiera czujnik temperatury (np. Pt100) i przetwornik sygnału (4-20 mA) do układu regulacji.
- **Bardzo dobry (5):** Uczeń w pełni opanował materiał programowy, sprawnie operuje aparatem matematycznym i potrafi samodzielnie analizować złożone zjawiska dynamiczne. Matematyczny opis algorytmów: Zapisuje z pamięci cyfrowe równania różnicowe dla algorytmu pozycyjnego i przyrostowego regulatora PID. Zjawiska nieliniowe i ochrona: Szczegółowo opisuje powstawanie zjawiska przeregulowania. Analiza stabilności i parametrów: Wyjaśnia matematyczny warunek stabilności oparty na położeniu biegunów transmitancji zamkniętej (lewa półpłaszczyzna zmiennej s). Rozróżnia charakter odpowiedzi członu inercyjnego II rzędu na podstawie współczynnika tłumienia ξ . Zaawansowane systemy napędowe: Analizuje i uzasadnia dobór struktur regulacji dla obiektów statycznych i astatycznych.

Rozumie strukturę regulacji nadążnej położenia i potrafi wyjaśnić, skąd bierze się dynamiczny uchyb nadążania podczas ruchu robota. Dobiera nastawy PID metodą eksperymentalną lub metodą odpowiedzi skokowej Zieglera-Nicholsa. Analizuje odpowiedź skokową układu i dobiera nastawy regulatora PID metodą Zieglera-Nicholsa.

- **Celujący (6):** Uczeń wykracza poza ramy standardowego materiału, wykazuje się pełną samodzielnością twórczą, potrafi swobodnie syntetyzować wiedzę i projektować układy sterowania w praktyce. Synteza i projektowanie dyskretne: Potrafi napisać gotowy kod/pseudokod programu dla cyfrowego regulatora PID (z uwzględnieniem czasu próbkowania (T_p) oraz nasyczeń elementów wykonawczych). Zaawansowana dynamika i kryteria stabilności: Swobodnie posługuje się kryteriami stabilności (np. analitycznym kryterium Hurwitza lub częstotliwościowym Nyquista) do badania stabilności układów zamkniętych z członem opóźniającym. Projektowanie struktur wielopętlowych i robotyki: Kompensacja zakłóceń: Przeprowadza syntezę, symulację oraz optymalizację cyfrowego regulatora PID dla obiektu. Analizuje stabilność zamkniętego układu regulacji automatycznej przy użyciu kryterium Hurwitza lub Nyquista.

PRZEDMIOT 7: PRACOWNIA ELEKTROTECHNIKI I ELEKTRONIKI

Dział 1: Badanie obwodów prądu stałego i przemiennego

Temat 1: Obsługiwanie przyrządów do pomiarów elektrycznych

- **Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi):** Rozróżnić przyrządy do wykonywania pomiarów elektrycznych, rozróżnić właściwości narzędzi pomiarowych, wyjaśnić pojęcia: pomiar, wielkość mierzona, jednostka miary, zorganizować stanowisko do wykonywania pomiarów elektrycznych, dobrać przyrządy i narzędzia do wykonywania pomiarów elektrycznych, przeprowadzić pomiary, zastosować zasady bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony środowiska, ochrony przeciwpożarowej i ergonomii podczas wykonywania pomiarów elektrycznych.
- **Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi):** Określić metody pomiarowe, określić błędy pomiarowe oraz źródła błędów pomiarowych, uzasadnić dobór narzędzia pomiarowego oraz przyrządów pomocniczych do wykonania pomiaru z określoną dokładnością.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie umie posługiwać się multimetrem, błędnie wybiera mierzona wielkość (np. zwiera amperomierz do źródła napięcia), co grozi uszkodzeniem sprzętu lub porażeniem.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń potrafi z pomocą nauczyciela lub instrukcji wykonać proste, powtarzalne czynności pomiarowe. Popełnia błędy, ale zna elementarne pojęcia i podstawowe przyrządy. Teoria obwodów: Definiuje podstawowe wielkości elektryczne: napięcie (U), prąd (I), rezystancję (R) oraz częstotliwość (f). Rozróżnia prąd stały (DC) i przemienny (AC). Zna podstawową treść prawa Ohma. Obsługa przyrządów: Rozpoznaje multimetr cyfrowy i potrafi wskazać jego podstawowe pokręta/funkcje (woltomierz, amperomierz, omomierz). Wie, że woltomierz włącza się równolegle, a amperomierz szeregowo. Pomiary i BHP: Wykonuje prosty pomiar napięcia stałego (np. zasilacz 24V DC) oraz rezystancji odłączonego elementu. Bezpiecznie podłącza przewody pomiarowe do gniazd miernika. Przestrzega podstawowych zasad BHP przy pracy z prądem. Dokumentowanie: Przepisuje bezpośrednie wskazania z wyświetlacza miernika do przygotowanej przez nauczyciela tabeli pomiarowej. Z pomocą nauczyciela włącza multimetr i dokonuje prostego pomiaru napięcia stałego w bezpiecznym obwodzie niskonapięciowym.
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie wykonuje typowe i proste zadania badawcze oraz pomiarowe według dokładnej instrukcji laboratoryjnej. Poprawnie posługuje się standardową aparaturą. Teoria obwodów: Stosuje w obliczeniach prawo Ohma oraz I i II prawo Kirchhoffa dla prostych obwodów rozgałęzionych prądu stałego. Zna pojęcie wartości skutecznej napięcia i prądu AC oraz okresu sygnału (T). Obsługa przyrządów: Samodzielnie konfiguruje gniazda przewodów (przełącza na zakres mA lub 10A) i dobiera zakresy pomiarowe w multimetrze cyfrowym. Rozpoznaje podstawowe symbole metrologiczne na przyrządach (klasa dokładności, rodzaj prądu). Badanie obwodów: Samodzielnie montuje na płytce stykowej obwód szeregowy lub równoległy rezystorów. Wykonuje bezpieczny pomiar napięcia sieciowego 230V AC. Mierzy moc czynną odbiornika jednofazowego za pomocą watomierza. Oscyloskop: Uruchamia oscyloskop, podłącza sondę i stabilizuje obraz za pomocą funkcji AutoSet. Odczytuje z siatki ekranu napięcie maksymalne (U_m) oraz okres (T) sygnału sinusoidalnego. Samodzielnie organizuje stanowisko i wykonuje pomiary U , I , R multimetrem cyfrowym, poprawnie dobierając zakresy pomiarowe.
- **Dobry (4):** Uczeń dobrze opanował materiał. Samodzielnie analizuje schematy ideowe, dobiera metody pomiarowe, oblicza błędy przyrządów i sprawnie posługuje się oscyloskopem. Teoria obwodów: Analizuje obwody prądu przemiennego zawierające elementy R , L , C .

Rozumie zjawisko przesunięcia fazowego oraz pojęcia mocy: czynnej P , biernej Q i pozornej S . Obsługa i Metrologia: Klasyfikuje błędy pomiarowe. Samodzielnie oblicza błąd graniczny dopuszczalny przyrządu analogowego na podstawie klasy i zakresu. Świadomie dobiera zakres miernika, aby wskazówka wychylała się w końcowej części podziałki (minimalizacja błędu względnego). Zaawansowane pomiary: Realizuje pomiary rezystancji metodą techniczną (dobiera układ poprawnie mierzonych napięć lub prądów w zależności od wartości oporu). Rozumie i uzasadnia konieczność stosowania mierników z funkcją True RMS przy przebiegach odkształconych. Zaawansowana oscyloskopia: Odczytuje parametry sygnału za pomocą kursorów ekranowych. Samodzielnie oblicza częstotliwość ($f = 1/T$) oraz wartość skuteczną na podstawie odczytanej amplitudy. Wyjaśnia rolę sprzężenia wejścia: AC, DC, GND. Dokumentowanie: Samodzielnie przelicza uzyskane dane (np. oblicza błędy pomiarowe) i sporządza wykresy charakterystyk (np. prądowo-napięciowych). Prawdłowo wylicza błąd bezwzględny i względny pomiaru na podstawie klasy/dokładności przyrządu podanej przez producenta.

- **Bardzo dobry (5):** Uczeń wykazuje pełne, inżynierskie przygotowanie. Pracuje całkowicie samodzielnie, projektuje układy pomiarowe, analizuje stany nieustalone, szacuje niepewności pomiarowe i diagnozuje błędy sprzętowe. Teoria i analiza obwodów: Oblicza parametry obwodów metodą prądów oczkowych lub potencjałów węzłowych. Analizuje zjawisko rezonansu napięć i prądów w obwodach RLC. Wyznacza stałą czasową τ w stanach nieustalonych obwodów RC i RL. Metrologia zaawansowana: Wyjaśnia różnicę między błędem a niepewnością pomiaru. Szacuje niepewność standardową typu A i B oraz zapisuje wynik końcowy zgodnie z regułami metrologicznymi. Oblicza błąd miernika cyfrowego na podstawie wzoru z jego instrukcji/DTR. Zaawansowane pomiary i oscyloskopowe: Mierzy moc w układach trójfazowych (np. metodą dwóch watomierzy Arona dla silników). Samodzielnie konfiguruje parametry wyzwalania (Trigger) oscyloskopu w celu stabilizacji trudnych przebiegów impulsowych. Wyznacza przesunięcie fazowe metodą dwukanałową lub za pomocą krzywych Lissajous. Diagnostyka i eksploatacja: Wykonuje zaawansowane pomiary eksploatacyjne: pomiar rezystancji izolacji megaomierzem (dobiera napięcie probiercze) oraz impedancji pętli zwarcia Z. Samodzielnie sporządza oficjalny protokół pomiarowy, formułując precyzyjne wnioski o stanie technicznym obwodu. W pełni samodzielnie i bezpiecznie przeprowadza pomiary wielkości elektrycznych, uzasadniając dobór metod (np. pomiar prądu bocznikami lub cęgami pomiarowymi).
- **Celujący (6):** Uczeń znacznie wykracza poza standardowy program nauczania technikum. Wykazuje się wysoką innowacyjnością, samodzielnie rozwiązuje nietypowe problemy naukowe i łączy metrologię z systemami IT. Samodzielnie projektuje i buduje komputerowe automatyczne systemy pomiarowe, wykorzystując np. karty akwizycji danych i oprogramowanie inżynierskie (LabVIEW, Python) do wizualizacji przebiegów prądu i napięcia w czasie rzeczywistym. Przeprowadza kompleksową analizę harmonicznych (FFT) dla przebiegów prądu w układach zasilania mechatronicznego (np. analizuje odkształcenia wprowadzane do sieci przez falowniki) i proponuje układy filtracji. Opracowuje autorskie instrukcje laboratoryjne lub buduje stanowiska dydaktyczne ułatwiające naukę badania obwodów prądu stałego i przemiennego innym uczniom. Wykazuje postawę liderką, na pracowni i bezbłędnie. Biegle posługuje się oscyloskopem cyfrowym do rejestracji i analizy sygnałów szybkochmiennych i zakłóceń w układach zasilania.

Temat 2: Pomiary elementów obwodów elektrycznych

- **Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi):** Zorganizować stanowisko do wykonywania pomiarów elementów obwodów elektrycznych, dobrać przyrządy i narzędzia do wykonywania pomiarów elementów obwodów elektrycznych, przeprowadzić pomiary, zastosować zasady bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony środowiska, ochrony przeciwpożarowej i ergonomii podczas wykonywania pomiarów elementów obwodów elektrycznych.

- **Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi):** Dobrać metody pomiarowe, określić błędy pomiarowe oraz źródła błędów pomiarowych, uzasadnić, które właściwości metrologiczne narzędzi pomiarowych decydują o możliwości wykorzystania ich do wykonania określonego pomiaru, uzasadnić dobór narzędzia pomiarowego oraz przyrządów pomocniczych do wykonania pomiaru z określoną dokładnością.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Błędnie podłącza elementy obwodu (np. kondensator elektrolityczny odwrotną polaryzacją do źródła), powodując zagrożenie.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń potrafi z pomocą nauczyciela lub instrukcji wykonać proste, powtarzalne czynności. Popołnia błędy, ale zna podstawowe pojęcia i podstawowe elementy obwodu. Identyfikacja elementów: Rozpoznaje na schemacie ideowym oraz w rzeczywistości podstawowe elementy pasywne: rezystor, kondensator, cewkę (indukcyjność). Obsługa miernika: Rozpoznaje multimetr cyfrowy i wie, do jakich gniazd podłączyć przewody pomiarowe do podstawowych pomiarów rezystancji. Pomiary bezpośrednie: Wykonuje prosty pomiar rezystancji odłączonego zasilania rezystora (metoda bezpośrednia omomierzem). Potrafi sprawdzić ciągłość przewodu testem dźwiękowym (buzzerem). BHP i dokumentacja: Przestrzega podstawowych zasad BHP (pamięta o odłączeniu zasilania obwodu przed pomiarem rezystancji). Przepisuje uzyskany wynik z wyświetlacza miernika do gotowej tabeli. Mierzy rezystancję pojedynczego opornika odłączonego od zasilania z pomocą nauczyciela.
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie wykonuje typowe, proste zadania pomiarowe i weryfikacyjne według dokładnej instrukcji laboratoryjnej. Poprawnie dobiera parametry miernika. Identyfikacja i parametry: Odczytuje parametry znamionowe elementów na podstawie oznaczeń na ich obudowach lub kodu paskowego rezystorów. Zna jednostki miar oraz ich przedrostki. Pomiary elementów: Samodzielnie konfiguruje multimetr do pomiaru pojemności kondensatorów oraz testu diody półprzewodnikowej. Mierzy rezystancję cewek przekazyńników i elektrozaworów. Bezpieczeństwo procedury: Pamięta i wyjaśnia, dlaczego należy bezwzględnie rozładować kondensator przed podłączeniem go do pojemnościomierza. Dokumentowanie: Samodzielnie i czytelnie uzupełnia całą kartę pomiarową, porównując uzyskany wynik z wartością znamionową elementu podaną przez producenta. Samodzielnie przeprowadza pomiary pojemności kondensatorów, rezystancji rezystorów oraz ciągłości cewek w obwodzie, dbając o procedury BHP.
- **Dobry (4):** Uczeń dobrze opanował materiał. Samodzielnie analizuje schematy pomiarowe, dobiera zaawansowane metody badania elementów, oblicza błędy i sprawnie posługuje się przyrządami. Metoda techniczna: Projektuje, łączy i realizuje pomiar rezystancji metodą techniczną (rozróżnia i świadomie dobiera układ poprawnie mierzonych napięć lub prądów w zależności od tego, czy badany opór jest mały, czy duży). Teoria błędów: Wyjaśnia pojęcie błędów metody wynikającego z wewnętrznej rezystancji przyrządów pomiarowych R_v , R_a . Samodzielnie oblicza błąd graniczny dopuszczalny multimetru na danym zakresie pomiarowym. Pomiary elementów w AC: Mierzy reaktancję indukcyjną ($X_{\{L\}}$) cewki oraz reaktancję pojemnościową ($X_{\{C\}}$) kondensatora w obwodzie prądu przemiennego sinusoidalnego. Badanie elementów aktywnych: Wyznacza metodą pomiarową kierunek przewodzenia i zaporowy diody prostowniczej lub diody LED za pomocą multimetru. Analiza danych: Samodzielnie wyciąga wnioski na podstawie uzyskanych wyników pomiarów, określając np. stan sprawności przekazyńnika (sprawdzenie styków NO/NC w stanie beznapięciowym i po podaniu zasilania na cewkę). Poprawnie dobiera metodę pomiaru (np. techniczną) i analizuje błędy pomiaru rezystancji małych lub dużych wartości.
- **Bardzo dobry (5):** Uczeń wykazuje pełne, przygotowanie. Pracuje całkowicie samodzielnie, bada stany dynamiczne elementów na oscyloskopie, ocenia ich parametry pasożytnicze i sporządza oficjalne protokoły. Stany nieustalone (Oscyloskop): Wykorzystuje oscyloskop cyfrowy do obserwacji i rejestracji procesu ładowania/rozładowania kondensatora (obwód RC) lub załączania cewki (obwód RL).

Na podstawie przebiegu czasowego wyznacza stałą czasową układu. Parametry zaawansowane i dielektryki: Wykonuje pomiary zaawansowane elementów mechatronicznych, w tym pomiar rezystancji izolacji uzwojeń silnika lub transformatora za pomocą megaomierza przy odpowiednim napięciu probierczym (np. 500V/1000V DC). Diagnostyka usterkowa podzespołów: Lokalizuje ukryte uszkodzenia elementów (np. upływność kondensatora, zwarcie międzyzwojowe w cewce, degradację styków roboczych przełącznika pod obciążeniem). Metrologia i raportowanie: Oblicza niepewność pomiarową standardową typu B dla realizowanego układu pomiarowego. Samodzielnie formułuje wnioski końcowe i sporządza oficjalny protokół z badania elementów obwodu, jednoznacznie klasyfikując podzespoły jako zdadne lub niezdatne do bezpiecznej eksploatacji w maszynie mechatronicznej. W pełni samodzielnie określa stan techniczny i właściwości badanych elementów (np. rezystorów, diod, cewek) na podstawie uzyskanych wyników pomiarów i kart katalogowych.

- **Celujący (6):** Uczeń znacznie wykracza poza standardowy program technikum. Wykazuje się wysoką innowacyjnością, samodzielnie rozwiązuje nietypowe problemy badawcze i łączy pomiary sprzętowe z nowoczesnymi systemami IT. Samodzielnie projektuje i buduje zautomatyzowane stanowiska pomiarowe (np. testery komponentów oparte na mikrokontrolerach Arduino/ESP32 lub komputerowych kartach pomiarowych LabVIEW), które automatycznie mierzą i klasyfikują elementy obwodu (np. rezystory według szeregu E24). Przeprowadza zaawansowane badania nieliniowych elementów obwodu (np. varistorów, termistorów NTC/PTC, fotorezystorów), wyznaczając ich pełne charakterystyki przetwarzania w funkcji temperatury lub oświetlenia z uwzględnieniem matematycznej aproksymacji wyników. Opracowuje autorskie instrukcje laboratoryjne lub buduje pomoce dydaktyczne z zakresu metrologii elementów, wykazując postawę leaderską i bezbłędnie koordynując pracami zespołów uczniowskich na pracowni. Diagnostyka elementów pasywnych elementów obwodów (np. ESR kondensatorów) przy użyciu mostków RLC.

Temat 3: Pomiary urządzeń i obwodów elektrycznych

- **Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi):** Zorganizować stanowisko do wykonywania pomiarów urządzeń i obwodów elektrycznych, dobrać przyrządy i narzędzia do wykonywania pomiarów urządzeń i obwodów elektrycznych, przeprowadzić pomiary, zastosować zasady bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony środowiska, ochrony przeciwpożarowej i ergonomii podczas wykonywania pomiarów urządzeń i obwodów elektrycznych.
- **Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi):** Dobierać metody pomiarowe, określić błędy pomiarowe oraz źródła błędów pomiarowych, uzasadnić, które właściwości metrologiczne narzędzi pomiarowych decydują o możliwości wykorzystania ich do wykonania określonego pomiaru, uzasadnić dobór narzędzia pomiarowego oraz przyrządów pomocniczych do wykonania pomiaru z określoną dokładnością.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie potrafi zmierzyć napięcia zasilania urządzenia lub prądu pobieranego przez obwód elektryczny pod obciążeniem.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń potrafi z pomocą nauczyciela lub szczegółowej instrukcji wykonać proste, powtarzalne czynności pomiarowe. Popelnia błędy, ale zna elementarne urządzenia i zasady bezpieczeństwa. Teoria i urządzenia: Rozpoznaje podstawowe urządzenia elektryczne w systemach mechatronicznych (silnik elektryczny, transformator, zasilacz, przełącznik, zabezpieczenia nadprądowe). Obsługa przyrządów: Zna podstawowe funkcje multimetru cyfrowego. Wie, jak bezpiecznie podłączyć przewody do gniazd miernika do pomiaru napięcia. Pomiary bezpośrednie: Mierzy napięcie zasilania układów sterowania (24V DC) oraz obecność napięcia zasilania sieciowego (230V AC) na zaciskach urządzeń. Potrafi sprawdzić ciągłość przewodów i bezpieczników topikowych za pomocą buzzera. BHP i dokumentacja: Przestrzega podstawowych zasad BHP przy pracy z prądem.

Przepisuje bezpośrednie wskazania z wyświetlacza przyrządu do przygotowanej tabeli. Sprawdza obecność napięcia zasilania w obwodzie przy użyciu próbnika lub multimetru pod nadzorem nauczyciela.

- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie wykonuje typowe, proste zadania pomiarowe i weryfikacyjne według instrukcji laboratoryjnej. Poprawnie i bezpiecznie obsługuje standardową aparaturę. Znamiona i parametry: Odczytuje parametry znamionowe urządzeń z ich tabliczek znamionowych (np. prąd znamionowy, moc, napięcie, współczynnik ($\cos\phi$)). Prawidłowo stosuje przedrostki jednostek (mili, kilo, mega). Pomiary obwodów: Samodzielnie konfiguruje multimetr (dobór zakresów i gniazd) do pomiaru prądu obciążenia oraz rezystancji uzwojeń. Mierzy pobór mocy czynnej przez urządzenie jednofazowe za pomocą watomierza. Badanie zabezpieczeń: Potrafi sprawdzić poprawność działania podstawowych aparatów zabezpieczających (bezpieczniki szafy sterowniczej, wyłączniki nadprądowe) w stanie beznapięciowym. BHP i dokumentacja: Potrafi sprawdzić ciągłość i poprawność przyłączenia przewodów ochronnych (PE) na obudowach urządzeń. Samodzielnie i czytelnie uzupełnia całą kartę pomiarową z ćwiczenia. Samodzielnie i bezpiecznie mierzy spadek napięcia na poszczególnych gałęziach obwodu oraz prąd całkowity urządzenia.
- **Dobry (4):** Uczeń dobrze opanował materiał. Samodzielnie analizuje schematy elektryczne i pomiarowe, dobiera metody badania urządzeń, oblicza ich sprawność oraz błędy aparatury. Pomiary maszyn: Łączy układy i wykonuje pomiary parametrów pracy silników indukcyjnych 3-fazowych (pomiar prądów przewodowych, napięć międzyfazowych, prędkości obrotowej za pomocą obrotomierza). Bilans energetyczny: Wykonuje pomiary mocy w układach trójfazowych. Na podstawie uzyskanych wyników potrafi obliczyć moc pozorną (S), bierną (Q) oraz sprawność η badanego urządzenia (np. transformatora lub silnika). Metrologia i True RMS: Samodzielnie oblicza błąd graniczny dopuszczalny przyrządu pomiarowego. Uzasadnia konieczność stosowania mierników z funkcją True RMS przy pomiarach prądu w obwodach zasilanych przez falowniki. Oscyloskop: Wykorzystuje oscyloskop do badania sygnałów sterujących urządzeniami (np. pomiar częstotliwości i współczynnika wypełnienia sygnału PWM sterującego zaworem lub silnikiem DC). Analiza danych: Samodzielnie opracowuje wyniki, rysuje charakterystyki pracy urządzeń i porównuje je z danymi katalogowymi producenta. Dobiera właściwą metodę i mierzy pobór mocy czynnej oraz rozróżnia parametry obwodów jednofazowych.
- **Bardzo dobry (5):** Uczeń wykazuje pełne, przygotowanie. Pracuje całkowicie samodzielnie, wykonuje zaawansowane pomiary eksploatacyjne i ochronne, analizuje stany dynamiczne i sporządza oficjalne raporty. Pomiary eksploatacyjne i ochronne: Wykonuje pomiar rezystancji izolacji uzwojeń silników, transformatorów oraz kabli zasilających za pomocą megaomomierza, dobierając właściwe napięcie probiercze (500V/1000V DC) zgodnie z normą PN-HD 60364-6. Badanie skuteczności ochrony: Wykonuje pomiar impedancji pętli zwarcia Z dedykowanym miernikiem parametrów instalacji w celu weryfikacji warunku samoczynnego wyłączenia zasilania (SWZ). Testuje wyłączniki różnicowoprądowe (RCD), mierząc ich prąd i czas zadziałania. Diagnostyka zaawansowana: Lokalizuje złożone usterki w obwodach urządzeń na podstawie analizy Dokumentacji Techniczno-Ruchowej (DTR). Wykrywa asymetrię zasilania, uszkodzenia izolacji, zwarcia międzyzwojowe cewek czy uszkodzenia zestyków roboczych styczników pod obciążeniem. Raportowanie: Oblicza niepewności pomiarowe, dokonuje poprawnego zaokrąglenia wyników i samodzielnie sporządza oficjalny protokół z pomiarów urządzeń, formułując jednoznaczny, wiążący wniosek o dopuszczeniu lub niedopuszczeniu układu do bezpiecznej eksploatacji. Wykonuje pełne pomiary diagnostyczne obwodów i urządzeń; lokalizuje spadki napięć wynikające ze złego stanu styków i przewodów.
- **Celujący (6):** Uczeń znacznie wykracza poza standardowy program technikum. Wykazuje się wysoką innowacyjnością, samodzielnie rozwiązuje nietypowe problemy diagnostyczne i wdraża nowoczesne systemy pomiarowo-analityczne. Projektuje i buduje zautomatyzowane, skomputeryzowane systemy monitoringu parametrów pracy urządzeń (np. systemy pomiaru temperatury uzwojeń, drgań łożysk i poboru prądu silnika oparte na czujnikach z interfejsem IO-Link połączonych ze sterownikiem PLC lub aplikacją SCADA).

Przeprowadza zaawansowaną analizę jakości energii elektrycznej w obwodach maszyn mechatronicznych (np. bada wyższe harmoniczne wprowadzane do sieci przez układy napędowe z falownikami przy użyciu analizatora sieci). Opracowuje autorskie instrukcje laboratoryjne lub buduje stanowiska badawcze, wykazując postawę liderką. Przeprowadza zaawansowane pomiary i diagnostykę obwodów trójfazowych silników elektrycznych z uwzględnieniem niesymetrii faz.

Temat 4: Pomiary i ocena stanu elementów i części

- **Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi):** Zorganizować stanowisko do wykonywania pomiarów, dobrać przyrządy i narzędzia do wykonywania pomiarów, przeprowadzić pomiary, dokonać oceny stanu technicznego mierzonego elementu lub części, dobrać właściwy element do zastosowania na podstawie dokumentacji i pomiarów, zastosować zasady bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony środowiska, ochrony przeciwpożarowej i ergonomii podczas wykonywania pomiarów.
- **Wymagania ponadpodstawowe (Uczeń potrafi):** Ocenić stan techniczny elementów i części na podstawie dokumentacji i pomiarów, uzasadnić wybór elementów i części na podstawie dokumentacji i pomiarów, uzasadnić konieczność wymiany, naprawy elementów i części na podstawie dokumentacji i pomiarów.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie potrafi ocenić, czy dany element (np. zużyty styk przełącznika, przetarty przewód) nadaje się do dalszej eksploatacji.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń potrafi z pomocą nauczyciela lub szczegółowej instrukcji wykonać proste, powtarzalne czynności pomiarowe. Popelnia błędy, ale zna podstawowe przyrządy warsztatowe i potrafi zidentyfikować badany element. Identyfikacja przyrządów: Rozpoznaje podstawowe narzędzia pomiarowe stosowane w warsztacie mechatronicznym (suwmiarka uniwersalna, manometr, szczelinomierz, liniał). Odczyt z podziałki: Potrafi poprawnie odczytać pełne milimetry z podziałki głównej suwmiarki oraz wartość ciśnienia z manometru układu płynowego. Pomiary bezpośrednie: Wykonuje pod nadzorem proste pomiary geometryczne części maszyn (np. długość wałka, szerokość rowka, głębokość otworu). BHP i dokumentacja: Przestrzega podstawowych zasad BHP podczas pracy z elementami mechanicznymi (ostre krawędzie, ciężkie podzespoły). Przepisuje bezpośrednio odczytane wartości do gotowej tabeli pomiarowej. Ocenia stan elementu (sprawny/niesprawny) wyłącznie na podstawie ewidentnych uszkodzeń wizualnych przy pomocy nauczyciela.
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie wykonuje typowe, proste zadania pomiarowe i weryfikacyjne według instrukcji laboratoryjnej. Poprawnie posługuje się standardową aparaturą warsztatową. Obsługa suwmiarki: Samodzielnie i poprawnie mierzy suwmiarką (z noniusem 0,05 mm lub 0,02 mm) wymiary zewnętrzne, wewnętrzne oraz głębokość części maszyn. Prawdłowo odczytuje ułamek milimetra z noniusza. Pomiary mechaniczne: Wykonuje pomiary innych wielkości fizycznych elementów (np. pomiar masy detalu na wadze, pomiar ciśnienia roboczego w ujęciu statycznym). Prawdłowo posługuje się szczelinomierzem do kontroli prostych luzów. Jednostki miar: Sprawnie posługuje się jednostkami miar układu SI i jednostkami technicznymi oraz ich przedrostkami. Ocena stanu: Identyfikuje ewidentne wady i uszkodzenia mechaniczne elementów (pęknięcia, silna korozja, odkształcenia plastyczne, zerwane gwinty) na podstawie oględzin wizualnych. Czytelnie uzupełnia kartę pomiarową. Na podstawie podstawowych pomiarów (np. rezystancji izolacji, luzu) samodzielnie ocenia stan techniczny elementu według kryteriów z instrukcji.
- **Dobry (4):** Uczeń dobrze opanował materiał. Samodzielnie analizuje rysunek techniczny, dobiera metody badania geometrii precyzyjnej, posługuje się przyrządami mikrometrycznymi i ocenia zużycie części. Pomiary precyzyjne: Prawdłowo posługuje się i bezbłędnie odczytuje wskazania z mikrometru zewnętrznego oraz czujnika zegarowego (np. przy pomiarze bicia promieniowego/osiowego wału silnika lub sprawdzaniu płaskości powierzchni).

Tolerancje i pasowania: Odnosi uzyskane wyniki pomiarów bezpośrednio do rysunku technicznego wykonawczego lub montażowego. Uwzględnia tolerancje wymiaru oraz pasowania (określa, czy część mieści się w granicach tolerancji i czy zapewni właściwy rodzaj pasowania: luźne, mieszane, ciasne). Pomiary dynamiczne: Wykonuje pomiary parametrów dynamicznych elementów w czasie pracy (np. pomiar prędkości obrotowej wału za pomocą obrotomierza optycznego lub stykowego). Ocena zużycia: Dokonuje oceny stopnia zużycia eksploatacyjnego części (np. zużycie ściernie, luzy w łożyskach, bicie wałów). Wyciąga poprawne wnioski na podstawie uzyskanych danych (np. kwalifikuje część do dalszej eksploatacji, naprawy lub wymiany). Poprawnie interpretuje graniczne wartości zużycia części i formułuje wnioski dotyczące jej dalszej przydatności.

- **Bardzo dobry (5):** Uczeń wykazuje pełne, przygotowanie. Pracuje całkowicie samodzielnie, dobiera zaawansowane metody pomiaru i kalibracji z DTR, ocenia parametry struktury geometrycznej powierzchni i sporządza oficjalne raporty. Zaawansowane techniki i dobór: Samodzielnie dobiera metody, procedury oraz przyrządy do kompleksowej oceny stanu skomplikowanych części maszyn mechatronicznych (np. przekładni zębatych, śrub toczone, przewodnic liniowych, uszczelnień dynamicznych) na podstawie Dokumentacji Techniczno-Ruchowej (DTR). Pomiary specjalistyczne: Prawidłowo posługuje się mikrometrami wewnętrznymi (średnicówkami), kluczami dynamometrycznymi (pomiar momentu dokręcenia połączeń gwintowych) oraz profilometrami (podstawowa ocena struktury geometrycznej powierzchni – chropowatości (Ra, Rz). Teoria błędów i metrologia: Oblicza błędy graniczne dopuszczalne stosowanych przyrządów warsztatowych. Szacuje niepewność pomiarową i zapisuje wynik końcowy zgodnie z zasadami zaokrąglania i zapisu metrologicznego. Kompleksowy raport i ocena: Samodzielnie projektuje strukturę raportu pomiarowo-diagnostycznego. Formułuje pełne, wnioski końcowe i sporządza oficjalny protokół oceny stanu technicznego elementów, jednoznacznie decydując o dopuszczeniu maszyny mechatronicznej do bezpiecznego montażu i eksploatacji. Kompleksowo ocenia stan techniczny części i w pełni uzasadnia konieczność jej natychmiastowej wymiany lub naprawy, opierając się na pomiarach i dokumentacji.
- **Celujący (6):** Uczeń znacznie wykracza poza standardowy program technikum. Wykazuje się wysoką innowacyjnością, samodzielnie rozwiązuje nietypowe problemy diagnostyczne. Opracowuje autorskie instrukcje laboratoryjne, procedury pomiarowe lub buduje pomoce dydaktyczne ułatwiające naukę metrologii warsztatowej innym uczniom, wykazując postawę lidorską i koordynując pracę zespołów pomiarowej.

Temat 5: Montaż i pomiary obwodów prądu stałego

- **Wymagania Podstawowe (WP):** Posługiwanie się pojęciami z dziedziny elektrotechniki i elektroniki; wskazywanie warunków przepływu prądu; identyfikowanie symboli graficznych elementów; określanie parametrów elementów; odczytywanie schematów ideowych i montażowych; wykonywanie połączeń obwodów na podstawie schematów; dobieranie przyrządów i zakresów pomiarowych; umieszczanie wyników w tabeli; przestrzeganie BHP: Montaż obwodów i elementów elektrycznych. Wymagania podstawowe (Uczeń potrafi): Zidentyfikować symbole graficzne elementów elektrycznych, zidentyfikować symbole graficzne układów elektrycznych, zidentyfikować elementy oraz układy elektryczne na podstawie wyglądu i oznaczeń, określić parametry elementów oraz układów elektrycznych, scharakteryzować parametry elementów elektrycznych, scharakteryzować parametry układów elektrycznych, posłużyć się rysunkiem technicznym podczas prac montażowych, posłużyć się rysunkiem technicznym podczas prac instalacyjnych, rozróżnić symbole graficzne na schematach ideowych i montażowych układów elektrycznych i elektronicznych, określić funkcje elementów i układów elektrycznych na podstawie dokumentacji technicznej, przeanalizować dokumentację techniczną pod względem funkcji elementów i układów elektrycznych, dobrać przyrządy pomiarowe do wskazanych parametrów elektrycznych, dobrać zakresy pomiarowe przyrządów do pomiarów wielkości elektrycznych elementów, układów elektrycznych i elektronicznych,

odczytać wyniki pomiarów wielkości elektrycznych elementów, układów elektrycznych i elektronicznych, określić dokładność pomiarów wielkości elektrycznych, wykonać pomiary wielkości elektrycznych elementów i układów elektrycznych, skonstruować tabelę z nazwaniem kolumn i wierszy, umieścić wyniki pomiarów w tabeli, wykreślić wykres uwzględniający wyskalowanie osi i podanie legendy, przedstawić wyniki pomiarów i obliczeń wykonanych w układach prądu stałego w postaci tabel i wykresów, przedstawić wyniki pomiarów i obliczeń wykonanych w układach prądu zmiennego w postaci tabel i wykresów, posłużyć się dokumentacją techniczną, katalogami i instrukcjami obsługi, przestrzegać norm technicznych, dobrać narzędzia i przyrządy pomiarowe oraz wykonać prace z zakresu montażu mechanicznego elementów elektrycznych, dobrać narzędzia i przyrządy pomiarowe oraz wykonać prace z zakresu montażu mechanicznego urządzeń elektronicznych, ocenić przydatność narzędzi i przyrządów pomiarowych do prac z zakresu montażu mechanicznego elementów i urządzeń elektrycznych i elektronicznych, zastosować narzędzia i przyrządy pomiarowe wykorzystywane do prac z zakresu montażu mechanicznego elementów i urządzeń elektrycznych i elektronicznych. Odczytać schemat ideowy i montażowy układów elektrycznych oraz elektronicznych, przeanalizować schematy ideowe i montażowe w zakresie połączeń elementów i układów elektrycznych oraz elektronicznych, wykonać połączenia elementów i układów elektrycznych na podstawie schematów ideowych, wykonać połączenia elementów i układów elektrycznych na podstawie schematów montażowych, dobrać programy komputerowe wspomagające wykonywanie zadań zawodowych, określić przydatność programów komputerowych wspomagających wykonywanie zadań zawodowych, zastosować programy komputerowe wspomagające wykonywanie schematów, zastosować programy komputerowe wspomagające wykonywanie obliczeń, sporządzić dokumentację techniczną z wykorzystaniem programów komputerowych, dobrać narzędzia do montażu i demontażu elementów i podzespołów elektrycznych.

- **Wymagania Ponadpodstawowe** (Uczeń potrafi): Identyfikowanie elementów na podstawie wyglądu i oznaczeń; ocenianie stanu technicznego elementów przygotowanych do montażu; kontrolowanie jakości montażu i sprawdzanie jego zgodności z dokumentacją; wykreślanie wykresów z uwzględnieniem skalowania osi i legendy; wyznaczanie dokładności pomiarów. Oceniać stan techniczny elementów i podzespołów elektrycznych przygotowanych do montażu, wykonać montaż i demontaż elementów i podzespołów elektrycznych, skontrolować jakość montażu elementów i podzespołów elektrycznych, sprawdzić zgodność montażu elementów i podzespołów elektrycznych z dokumentacją techniczną.

Treści nauczania

- **Weryfikacja praw obwodów DC:** Doświadczalne sprawdzanie prawa Ohma, I i II prawa Kirchhoffa; badanie liniowych i nieliniowych dzielników napięcia i prądu; wyznaczanie rezystancji zastępczej połączeń szeregowych, równoległych i mieszanych.
- **Analiza obwodów AC i układów trójfazowych:** Wyznaczanie reaktancji indukcyjnej X_L i pojemnościowej X_C w obwodach RLC; pomiary kąta przesunięcia fazowego; wyznaczanie częstotliwości rezonansowej w obwodach rezonansu szeregowego i równoległego; badania układów trójfazowych połączonych w gwiazdę (Y) oraz trójkąt (Δ).

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie potrafi połączyć prostego obwodu szeregowego ze źródłem zasilania. Uczeń nie potrafi połączyć prostego obwodu, błędnie podłącza amperomierz (powodując zwarcie), ignoruje zasady BHP. Nie potrafi czytać schematów, błędnie łączy elementy, co powoduje zwarcia, nie przestrzega norm technicznych ani elementarnych zasad BHP.
- **Dopuszczający (2):** Łączy prosty obwód DC z pomocą nauczyciela; mierzy prąd i napięcie na rezystorze. Uczeń z pomocą nauczyciela identyfikuje symbole graficzne i podłącza woltomierz do wskazanego rezystora. Z pomocą nauczyciela identyfikuje podstawowe elementy i wykonuje uproszczone połączenia elektryczne na podstawie schematu montażowego.

- **Dostateczny (3):** Doświadczalnie weryfikuje I i II prawo Kirchhoffa; oblicza i mierzy rezystancję zastępczą oraz reaktancję X_L , X_C . Uczeń z pomocą nauczyciela identyfikuje symbole graficzne i podłącza woltomierz do wskazanego rezystora. Samodzielnie montuje mechanicznie i elektrycznie obwody prądu stałego i przemiennego na podstawie schematów, wykonuje poprawne pomiary i wpisuje je do tabeli.
- **Dobry (4):** Wyznacza częstotliwość rezonansową w obwodach RLC; mierzy moc i współczynnik mocy w układach trójfazowych (Y/Delta). Uczeń poprawnie dobiera zakresy pomiarowe multimetru, montuje obwód na podstawie schematu ideowego i oblicza rezystancję zastępczą. Prawdłowo dobiera narzędzia montażowe i zakresy mierników; tworzy kompletne wykresy z pomiarów i sprawnie korzysta z programów komputerowych do obliczeń lub schematów.
- **Bardzo dobry (5):** Wyznacza pełny bilans mocy w obwodach RLC z przesunięciem fazowym; przeprowadza analizę stanu nieustalonego. Uczeń bezbłędnie montuje układ mieszany, sporządza kompletny protokół, wykreśla wyskalowane charakterystyki prądowo-napięciowe i ocenia jakość montażu. Wykazuje pełną samodzielność; kontroluje jakość montażu, ocenia stan techniczny części przed montażem i gwarantuje idealną zgodność obwodu z dokumentacją.
- **Celujący (6):** Samodzielnie opracowuje stanowisko i metodykę badania sprawności oraz przesunięcia fazowego trójfazowych układów zasilających. Uczeń wykracza poza wymagania: samodzielnie lokalizuje ukryty błąd w obwodzie stałoprądowym (np. upływność kondensatora) i wyznacza niepewności pomiarowe metodami statystycznymi. Optymalizuje układ ścieżek/przewodów w montowanej rozdzielnicy; sporządza cyfrową dokumentację powykonawczą w programie CAD i wykrywa ukryte wady fabryczne elementów.

Temat 6: Montaż i pomiary obwodów prądu przemiennego

- **Wymagania Podstawowe (WP):** Posługiwanie się wielkościami fizycznymi prądu zmiennego (okres, częstotliwość); wskazywanie warunków przepływu prądu w obwodach z elementami R , L , C ; wyznaczanie okresu i częstotliwości przebiegu zmiennego; wykonywanie podstawowych pomiarów napięcia i prądu AC; przestrzeganie norm.
- **Wymagania Ponadpodstawowe (WPP):** Wyznaczanie wartości przesunięcia fazowego; wykonywanie działań matematycznych na przebiegach zmiennych; stosowanie oscyloskopu do pomiarów przebiegów sinusoidalnych; obliczanie impedancji, mocy czynnej, biernej i pozornej; rysowanie wykresów fazorowych.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Uczeń nie odróżnia parametrów prądu stałego od przemiennego, stwarza zagrożenie porażenia prądem elektrycznym.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń potrafi z pomocą nauczyciela lub na podstawie szczegółowej instrukcji wykonać proste, powtarzalne czynności montażowe i pomiarowe. Popelnia błędy, ale zna elementarne pojęcia prądu AC. Teoria i jednostki: Definiuje prąd przemienny (AC). Zna podstawowe parametry przebiegu sinusoidalnego: wartość skuteczną napięcia i prądu, częstotliwość (f) oraz okres (T). Prawdłowo posługuje się podstawowymi jednostkami (V , A , Hz , ω). Identyfikacja elementów: Rozpoznaje na schemacie ideowym oraz w naturze elementy obwodów AC: rezystory, kondensatory i cewki (indukcyjności) oraz podstawowe aparaty (wyłączniki, bezpieczniki). Montaż i obsługa: Łączy na płycie stykowej lub tablicy montażowej prosty obwód jednofazowy według schematu. Potrafi włączyć multimetr cyfrowy i ustawić go w tryb woltomierza AC. Pomiary i BHP: Wykonuje bezpieczny pomiar napięcia sieciowego 230V AC na zaciskach wejściowych obwodu. Przestrzega podstawowych zasad BHP (pamięta o odłączeniu zasilania podczas montażu i modyfikacji obwodu). Dokumentowanie: Przepisuje bezpośrednie wskazania z wyświetlacza miernika do przygotowanej tabeli pomiarowej. Uczeń pod nadzorem nauczyciela mierzy wartość skuteczną napięcia przemiennego uniwersalnym multimetrem.

- Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie wykonuje typowe, proste zadania montażowe oraz pomiary weryfikacyjne według instrukcji laboratoryjnej. Poprawnie posługuje się standardową aparaturą pomiarową. Teoria obwodów: Zna pojęcie przesunięcia fazowego (φ) między prądem a napięciem. Rozróżnia obwody jednofazowe od trójfazowych. Zna pojęcia mocy czynnej (P), biernej (Q) i pozornej (S) oraz ich jednostki (W, var, VA). Montaż elektryczny: Samodzielnie i estetycznie montuje na podstawie schematu obwód szeregowy lub równoległy składający się z elementów R-L, R-C lub R - L-C. Dobiera odpowiednie przekroje przewodów i końcówki kablowe. Pomiary elektryczne: Samodzielnie konfiguruje multimetr (zakresy AC, poprawne gniazda dla amperomierza i woltomierza). Łączy układ i wykonuje pomiar prądu obciążenia obwodu AC oraz pomiar mocy czynnej jednofazowej za pomocą watomierza. Oscyloskop: Uruchamia oscyloskop, podłącza sondę i stabilizuje obraz sygnału AC za pomocą funkcji AutoSet. Odczytuje z siatki ekranu napięcie maksymalne (U_m) oraz okres (T). BHP i dokumentacja: Sprawdza ciągłość i poprawność przyłączenia przewodu ochronnego (PE) w montowanym układzie. Samodzielnie i czytelnie uzupełnia całe sprawozdanie laboratoryjne. Uczeń samodzielnie łączy szeregowy obwód RL lub RC, dokonuje pomiarów spadków napięć i wyznacza okres przebiegu.
- Dobry (4):** Uczeń dobrze opanował materiał. Samodzielnie analizuje schematy, dobiera metody badania obwodów RLC, oblicza błędy aparatury, sprawnie posługuje się oscyloskopem i ocenia poprawność montażu. Teoria i obliczenia: Oblicza reaktancję indukcyjną (X_L), reaktancję pojemnościową (X_C) oraz impedancję (Z) obwodu szeregowego RLC. Potrafi wyznaczyć współczynnik mocy ($\cos\varphi$) na podstawie wskazań przyrządów. Montaż i uruchomienie: Samodzielnie montuje i uruchamia trójfazowe obwody zasilające (np. podłączenie odbiorników w gwiazdę lub trójkąt). Potrafi na podstawie schematu zmontować układ zasilania silnika AC z podstawowymi zabezpieczeniami nadprądowymi. Metrologia i True RMS: Oblicza błąd graniczny dopuszczalny stosowanych przyrządów AC. Wyjaśnia zjawisko wartości skutecznej i uzasadnia konieczność stosowania mierników z funkcją True RMS w obwodach zasilanych przez przekształtniki (np. falowniki). Zaawansowana oscyloskopia: Korzysta z kursorów ekranowych oscyloskopu do precyzyjnych pomiarów amplitudy i czasu. Wyjaśnia rolę sprzężenia wejścia kanału (AC, DC, GND) podczas badania sygnałów zmiennych. Analiza danych: Samodzielnie przelicza uzyskane z pomiarów wielkości, wykreśla wykresy charakterystyk (np. prądu w funkcji częstotliwości) i porównuje wyniki pomiarów z obliczeniami teoretycznymi. Uczeń poprawnie podłącza oscyloskop dwukanałowy, wyświetla przebiegi prądu i napięcia oraz oblicza częstotliwość sygnału.
- Bardzo dobry (5):** Uczeń wykazuje pełne, przygotowanie. Pracuje całkowicie samodzielnie, analizuje stany dynamiczne na oscyloskopie, wykonuje zaawansowane pomiary ochronne i sporządza oficjalne raporty odbiorcze. Analiza obwodów i zjawisk: Analizuje i wyznacza warunki wystąpienia zjawiska rezonansu napięć (szeregowego) oraz rezonansu prądów (równoległego) w obwodach RLC. Analizuje stany nieustalone w obwodach z indukcyjnością i pojemnością. Zaawansowane pomiary i oscyloskopia: Wykonuje pomiary mocy w układach trójfazowych niesymetrycznych (np. metodą dwóch watomierzy Arona lub metodą trzech watomierzy). Samodzielnie konfiguruje parametry wyzwalania (Trigger) oscyloskopu. Wyznacza przesunięcie fazowe między prądem a napięciem metodą dwukanałową lub za pomocą krzywych Lissajous. Pomiary ochronne i odbiorcze: Wykonuje pomiar rezystancji izolacji uzwojeń maszyn AC (silników, transformatorów) i kabli za pomocą megaomomierza (dobiera napięcie probiercze 500V/1000V DC) zgodnie z normą PN-HD 60364-6. Mierzy impedancję pętli zwarcia Z w celu weryfikacji warunku samoczynnego wyłączenia zasilania (SWZ). Testuje wyłączniki różnicowoprądowe (RCD). Diagnostyka i raportowanie: Wykrywa błędy montażowe oraz usterki w obwodach AC (np. asymetrię napięć, prądy upływu, uszkodzenia izolacji, zwarcia międzyzwojowe cewek). Samodzielnie sporządza oficjalny protokół odbiorczy z montażu i pomiarów obwodu, formułując wiążący wniosek o dopuszczeniu układu do bezpiecznej eksploatacji. Uczeń samodzielnie oblicza parametry obwodu RLC, wyznacza przesunięcie fazowe za pomocą oscyloskopu i rysuje trójkąt mocy.

- **Celujący (6):** Uczeń znacznie wykracza poza standardowy program technikum. Wykazuje się innowacyjnością, samodzielnie rozwiązuje nietypowe problemy projektowo-badawcze i łączy elektrotechnikę z systemami IT. Projektuje i buduje zautomatyzowane, skomputeryzowane stanowiska pomiarowe (np. oparte na LabVIEW, Python lub mikrokontrolerach), które monitorują parametry obwodów AC (napięcie, prąd, moc, $\cos\varphi$) w czasie rzeczywistym i przesyłają je do nadrzędnego systemu SCADA. Przeprowadza zaawansowaną analizę jakości energii elektrycznej w montowanych obwodach (np. bada wyższe harmoniczne i odkształcenia wprowadzane do sieci przez układy napędowe z falownikami przy użyciu analizatora sieci) oraz projektuje i montuje układy kompensacji mocy biernej (baterie kondensatorów/dławiki). Opracowuje autorskie instrukcje laboratoryjne, schematy montażowe lub buduje stanowiska dydaktyczne ułatwiające naukę obwodów prądu przemiennego innym uczniom, wykazując postawę liderką i koordynując pracę zespołów uczniowskich. Uczeń samodzielnie doprowadza obwód RLC do stanu rezonansu napięć, analizuje zmiany selektywności układu i wyciąga poprawne wnioski.

Dział 2: Układy elektroniczne analogowe i cyfrowe

Temat 1: Pomiar i montaż układów elektroniki analogowej

- **Wymagania Podstawowe (WP):** Identyfikowanie symboli graficznych elementów elektronicznych (diody, tranzystory); omawianie materiałów półprzewodnikowych; interpretowanie prostych schematów ideowych układów prostowniczych niesterowanych, wzmacniaczy i filtrów pasywnych; wykonywanie połączeń metodą lutowania THT. Zidentyfikować symbole graficzne elementów elektrycznych i elektronicznych, zidentyfikować elementy na podstawie wyglądu, posłużyć się rysunkiem technicznym podczas prac instalacyjnych, dobierać zakresy pomiarowe, wykonać pomiary w układach prądu stałego, zmiennego, analogowych i cyfrowych, przedstawić wyniki w postaci tabel i wykresów, posłużyć się dokumentacją, katalogami, odczytać i przeanalizować schematy ideowe i montażowe, wykonać połączenia na ich podstawie, zastosować programy symulacyjne do zobrazowania przeznaczenia i funkcji elementów, dobrać narzędzia do montażu i demontażu, ocenić stan techniczny podzespołów i wykonać ich montaż/demontaż.
- **Wymagania Ponadpodstawowe (WPP):** Identyfikowanie elementów na podstawie wyglądu i oznaczeń katalogowych; dobieranie metody pomiaru przebiegów w prostownikach, generatorach i wzmacniaczach; analizowanie pracy układów prostowniczych na podstawie oscylogramów; ocena stanu technicznego elementów. Skontrolować jakość montażu elementów i podzespołów elektrycznych i elektronicznych, sprawdzić zgodność montażu z dokumentacją techniczną.

Treści nauczania

- **Elektronika analogowa w praktyce:** Badanie właściwości diod prostowniczych, Zenera i LED; układy prostowników jednofazowych jednopołówkowych i dwupołówkowych (mostek Graetza) z filtrami pojemnościowymi; badanie tranzystorów bipolarnych (BJT) i polowych (MOSFET) pracujących jako klucze elektroniczne; właściwości wzmacniaczy operacyjnych (układ odwracający, nieodwracający, komparator napięcia).
- **Układy cyfrowe:** Weryfikacja tablic prawdy bramek logicznych TTL/CMOS; montaż i badanie układów kombinacyjnych (np. koderów, sumatorów) oraz sekwencyjnych (przerzutników, liczników cyfrowych) na płytkach stykowych lub modułach dydaktycznych.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Zwraca uwagę na bieżącość elementów dopiero po ich uszkodzeniu; nie odczytuje prostych schematów. Uczeń niszczy elementy elektroniczne przez przegrzanie podczas lutowania, błędnie polaryzuje diody prostownicze.

Nie potrafi połączyć sekcji elektrycznej (silnoprądowej) z elektroniczną sekcją sterowania; brak zrozumienia działania układu.

- **Dopuszczający (2):** Podłącza diodę LED z rezystorem ograniczającym; bada bramki logiczne na płycie stykowej wg instrukcji. Uczeń potrafi z pomocą nauczyciela odczytać wartość rezystora z kodu paskowego i wlutować go w wyznaczone miejsce. Łączy gotowe bloki funkcjonalne układu elektrycznego i elektronicznego przy pomocy nauczyciela.
- **Dostateczny (3):** Montuje i bada prostowniki dwupołówkowe (mostek Graetza), klucze tranzystorowe (BJT, MOSFET) oraz układy z bramkami TTL/CMOS. Uczeń potrafi z pomocą nauczyciela odczytać wartość rezystora z kodu paskowego i wlutować go w wyznaczone miejsce. Samodzielnie montuje zintegrowany układ elektryczno-elektroniczny na podstawie schematów, uruchamia go i wykonuje pomiary bazowe.
- **Dobry (4):** Bada układy ze wzmacniaczami operacyjnymi (odwracający, nieodwracający, komparator); montuje układy sekwencyjne (liczniki, przerzutniki). Uczeń montuje prostownik mostkowy (Gretza) z filtrem pojemnościowym, poprawnie dobiera parametry diod i rejestruje tętnienia oscyloskopem. Poprawnie wykorzystuje oprogramowanie komputerowe do symulacji pracy układu przed jego fizycznym uruchomieniem; poprawnie analizuje niezgodności.
- **Bardzo dobry (5):** Projektuje i bada własny układ elektroniczny sterowania analogowo-cyfrowego (np. regulator obrotów PWM z komparatorem). Uczeń montuje prostownik mostkowy (Gretza) z filtrem pojemnościowym, poprawnie dobiera parametry diod i rejestruje tętnienia oscyloskopem. Przeprowadza pełną kontrolę jakościową montażu sygnałowego i mocowego; bezbłędnie weryfikuje działanie bloków zabezpieczeń obwodu.
- **Celujący (6):** Tworzy autorski projekt wielostopniowego układu elektronicznego (przetwornika analogowo-cyfrowego lub generatora) od schematu po uruchomienie. Uczeń projektuje i montuje sprawnie działający układ.

Temat 2: Układy elektroniki cyfrowej

- **Wymagania Podstawowe (WP):** Rozpoznawanie symboli graficznych bramek logicznych (AND, OR, NOT, NAND, NOR); interpretowanie schematów ideowych układów z elementami cyfrowymi; wykonywanie pomiarów stanów logicznych (0 i 1); posługiwanie się dokumentacją technologiczną.
- **Wymagania Ponadpodstawowe (WPP):** Dokonywanie analizy pracy układów cyfrowych na podstawie schematów ideowych i stanów logicznych; wnioskowanie o prawidłowości pracy przerzutników i liczników na podstawie wyników pomiarów i tabel prawdy.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Uczeń nie odróżnia poziomów napięć stanów logicznych, podłącza zasilanie układów scalonych z odwróconą polaryzacją.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń potrafi z pomocą nauczyciela lub na podstawie szczegółowej instrukcji wykonać proste, powtarzalne czynności. Popelnia błędy, ale zna elementarne pojęcia elektroniki cyfrowej. Sygnały i systemy: Rozróżnia sygnał cyfrowy (dwustanowy) od sygnału analogowego (ciągłego). Wie, co oznaczają stany logiczne 0 (niski, False) i 1 (wysoki, True). Systemy liczbowe: Zna system dziesiętny (DEC) i binarny (BIN). Z pomocą nauczyciela przelicza proste, małe liczby całkowite z systemu dziesiętnego na dwójkowy. Bramki logiczne: Rozpoznaje na schemacie symbole podstawowych bramek logicznych: NOT, AND, OR. Wie, jakie jest podstawowe działanie bramki AND i OR (kiedy pojawia się stan wysoki na wyjściu). Układy cyfrowe: Wie, że układy cyfrowe dzielą się na kombinacyjne i sekwencyjne (kojarzy układ sekwencyjny z pamięcią). Rozpoznaje symbol przerzutnika RS. Praktyka i BHP: Przestrzega podstawowych zasad BHP przy montażu obwodów elektronicznych na pracowni. Potrafi z pomocą instrukcji podłączyć zasilanie do układu scalonego. Uczeń potrafi sprawdzić stan wysoki i niski na wyjściu pojedynczej bramki logicznej za pomocą wskaźnika LED pod nadzorem.

- Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie wykonuje typowe, proste zadania montażowe oraz pomiary weryfikacyjne według dokładnej instrukcji laboratoryjnej. Poprawnie posługuje się podstawową aparaturą. Systemy liczbowe: Samodzielnie i bezbłędnie konwertuje liczby całkowite (w zakresie do 8 bitów) między systemami: dziesiętnym (DEC), binarnym (BIN) oraz szesnastkowym (HEX). Bramki i tabele prawdy: Rysuje standardowe symbole graficzne bramek NOT, AND, OR, NAND, NOR, XOR. Samodzielnie tworzy dla nich kompletne tabele prawdy (tabele stanów). Układy kombinacyjne: Wyjaśnia rolę i podstawowe działanie typowych bloków kombinacyjnych: koderów, dekoderów (w tym dekodera wyświetlacza 7-segmentowego), multiplexerów i demultiplexerów. Układy sekwencyjne: Opisuje, jak działają wejścia S (Set) i R (Reset) w przerzutniku RS. Rozpoznaje przerzutnik typu D (zatrask) oraz wie, do czego służą liczniki cyfrowe (zliczanie impulsów) i rejestry (przechowywanie danych). Montaż i pomiary: Samodzielnie montuje prosty układ logiczny (np. na bramkach TTL lub CMOS) na płytce stykowej. Za pomocą multimetru lub sondy logicznej sprawdza i potwierdza stany napięciowe (logiczne) na wejściach i wyjściach bramek, prawidłowo uzupełniając sprawozdanie. Uczeń samodzielnie łączy prostą strukturę kombinacyjną (np. realizującą funkcję XOR z bramek podstawowych) i weryfikuje tabelę prawdy.
- Dobry (4):** Uczeń dobrze opanował materiał. Samodzielnie analizuje schematy ideowe, potrafi przekształcać funkcje logiczne, badać zależności czasowe układów oraz łączyć elektronikę cyfrową z programowaniem automatyki. Algebra Boole'a: Zna i stosuje podstawowe prawa logiczne (w tym prawa de Morgana, rozdzielności i pochłaniania) do przekształcania wyrażeń logicznych. Potrafi zapisać funkcję logiczną w postaci sumy lub iloczynu na podstawie tabeli prawdy. Synteza układów kombinacyjnych: Samodzielnie projektuje prosty układ kombinacyjny (np. układy komparatora 2-bitowego lub układu wyboru priorytetu) na podstawie opisu słownego i realizuje go na podstawowych bramkach logicznych. Zaawansowane przerzutniki: Wyjaśnia zasadę działania przerzutników JK oraz T. Rozróżnia wyzwalanie synchroniczne (zegarowe CLK) od asynchronicznego (wejścia Preset, Clear) oraz wyzwalanie zboczem sygnału. Aparatura pomiarowa: Wykorzystuje oscyloskop dwukanałowy do jednoczesnego podglądu dwóch sygnałów cyfrowych (np. sygnału zegarowego oraz wyjścia przerzutnika) i potrafi określić ich wzajemne relacje. Powiązanie z PLC: Potrafi sprawnie przełożyć proste funkcje logiczne (AND, OR, NOT) oraz działanie przerzutnika RS na drabinkowy kod programowania sterowników PLC (LAD). Uczeń montuje układ cyfrowy z wykorzystaniem przerzutników JK lub D, podając sygnały zegarowe z generatora i analizując stany.
- Bardzo dobry (5):** Uczeń wykazuje pełne, przygotowanie. Pracuje całkowicie samodzielnie, projektuje zaawansowane układy cyfrowe, potrafi je optymalizować, analizować w stanach dynamicznych i głęboko diagnozować. Minimalizacja funkcji: Bez błędnie i sprawnie przeprowadza optymalizację złożonych funkcji logicznych za pomocą siatek Karnaugh dla 3 lub 4 zmiennych, minimalizując liczbę potrzebnych bramek. Projektowanie i analiza dynamiczna: Samodzielnie projektuje od podstaw kompletne układy sekwencyjne (np. liczniki o zadanej pojemności i cyklu zliczania). Wykreśla i analizuje diagramy czasowe (przebiegi sygnałów) dla liczników synchronicznych/asynchronicznych oraz rejestrów przesuwanych. Zaawansowane pomiary i diagnostyka: Wykorzystuje oscyloskop cyfrowy lub analizator stanów logicznych do badania czasu propagacji bramek oraz eliminacji drgań styków przełączników mechanicznych. Diagnozuje usterki sprzętowe na podstawie kart katalogowych (datasheet) – np. brak rezystora Pull-up/Pull-down powodujący stan nieustalony na wejściu, uszkodzenia linii zegarowych, zakłócenia zasilania układów scalonych. Zaawansowane PLC: Swobodnie implementuje złożone struktury cyfrowe (takie jak przerzutniki, liczniki, rejestry) w językach programowania PLC – zarówno graficznych (FBD), jak i tekstowych (SCL/ST z użyciem instrukcji warunkowych IF...THEN). Uczeń realizuje montaż wielopoziomowego układu sekwencyjnego (np. licznika asynchronicznego), analizując przebiegi czasowe oscyloskopem.
- Celujący (6):** Uczeń znacznie wykracza poza ramy standardowego programu technikum. Wykazuje się wysoką innowacyjnością, myśleniem projektowym, realizuje projekty autorskie i swobodnie łączy elektronikę cyfrową z technologiami IT i automatyką przemysłową. Układy programowalne i mikrokontrolery:

Samodzielnie projektuje, programuje i uruchamia układy cyfrowe z wykorzystaniem układów programowalnych lub zaawansowanych mikrokontrolerów w aplikacjach mechatronicznych. Projektowanie urządzeń: Opracowuje autorskie symulacje komputerowe oraz kompletne projekty płytek drukowanych (PCB) dla budowanych przez siebie zaawansowanych modułów cyfrowych. Rozwiązywanie problemów krytycznych: Samodzielnie identyfikuje i eliminuje zjawiska hazardu (zakłóceń impulsowych) w układach kombinacyjnych. Postawa lidarska: Wspiera merytorycznie innych uczniów w klasie, pełniąc rolę lidera podczas złożonych prac laboratoryjnych oraz projektów zespołowych na pracowni elektroniki. Uczeń lokalizuje i usuwa usterkę typu „hazard” (stan nieustalony) w rozbudowanym układzie kombinacyjnym, modyfikując strukturę połączeń logicznych.

DZIAŁ 3: Prezentacja wyników pomiarów w montowanych układach

- **Wymagania Podstawowe:** Dobieranie przyrządów i zakresów pomiarowych do montowanych obwodów; wykonywanie pomiarów wielkości elektrycznych; konstruowanie tabel pomiarowych; wykreślanie wykresów z uwzględnieniem wyskalowania osi i legendy; prezentacja wyników układów AC/DC.
- **Wymagania Ponadpodstawowe:** Wykorzystywanie specjalistycznych programów komputerowych do wspomagania obliczeń pomiarowych i generowania dokumentacji technicznej z pomiarów.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie potrafi zapisać wyników pomiarów, wykresy są sporządzone nielogicznie, bez skali i opisów osi.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń potrafi z pomocą nauczyciela lub na podstawie szczegółowego wzoru przepisać i zestawić podstawowe dane pomiarowe. Popołnia błędy, ale zna elementarne pojęcia z zakresu zbierania danych. Zapis danych: Zapisuje zmierzone wartości elektryczne i fizyczne wraz z ich podstawowymi jednostkami miar (V, A, ω , mm, bar) bezpośrednio po odczycie z przyrządu. Praca z tabelami: Przepisuje uzyskane wyniki do przygotowanych przez nauczyciela szablonów tabel pomiarowych w wyznaczone miejsca. Podstawowe pojęcia: Rozróżnia wynik pomiaru bezpośredniego od danych znamionowych urządzenia. Estetyka i czytelność: Dbą o podstawową czytelność zapisywanych danych cyfrowych, unikając rażących skreśleń. Zapisuje surowe wyniki pomiarów prądu i napięcia w przygotowanej przez nauczyciela tabeli.
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie zestawia dane pomiarowe, poprawnie uzupełnia całą dokumentację ćwiczenia według instrukcji i przedstawia wyniki w sposób uporządkowany. Uzupełnianie dokumentacji: Samodzielnie i w pełni uzupełnia karty pomiarowe lub sprawozdania laboratoryjne z wykonanego montażu i pomiarów obwodu. Przeliczanie jednostek: Prawidłowo zamienia wielokrotności i podwielokrotności jednostek (np. mA na A, μ F na nF, bar na Pa) podczas wpisywania danych do tabeli. Wstępna prezentacja graficzna: Potrafi na podstawie gotowej tabeli nanieść punkty pomiarowe na przygotowaną siatkę wykresu (samodzielnie wyznacza punkty na osiach X i Y). Zapis błędów: Wprowadza do tabeli obliczone na podstawie prostych wzorów wartości błędów bezwzględnych i względnych. Tworzy poprawną tabelę pomiarową, umieszcza w niej dane, wykreśla prosty wykres zależności (np. charakterystykę prądowo-napięciową).
- **Dobry (4):** Uczeń dobrze opanował materiał. Samodzielnie projektuje tabele, wykreśla i skaluje wykresy charakterystyk, oblicza niepewności oraz formułuje poprawne wnioski techniczne. Konstrukcja tabel: Samodzielnie projektuje strukturę tabeli pomiarowej z uwzględnieniem kolumn na wartości mierzone, wartości obliczone oraz błędy graniczne przyrządów. Kreślenie wykresów: Samodzielnie dobiera podziałkę (skalowanie osi) i wykreśla ciągłe charakterystyki badanych elementów lub układów mechatronicznych (np. charakterystykę prądowo-napięciową diody, charakterystykę czasową ładowania kondensatora). Prawidłowo opisuje osie wykresu wraz z jednostkami. Metrologiczny zapis wyniku:

Oblicza błędy systematyczne oraz błędy graniczne dopuszczalne aparatury na podstawie klas dokładności. Zapisuje wyniki pomiarów zgodnie z zasadami cyfr znaczących. Wnioskowanie: Porównuje graficzne i tabelaryczne wyniki pomiarów z danymi katalogowymi (DTR) i formułuje jasne wnioski dotyczące poprawności montażu oraz sprawności elementów. Prawdłowo skaluje osie wykresów, dodaje legendę i wykonuje podstawowe obliczenia wielkości elektrycznych na podstawie zebranych danych.

- **Bardzo dobry (5):** Uczeń wykazuje pełne, przygotowanie. Pracuje całkowicie samodzielnie, stosuje zaawansowane metody analizy statystycznej, oblicza i prezentuje niepewności pomiarowe oraz sporządza oficjalne raporty techniczne. Analiza statystyczna danych: Przeprowadza pełną analizę serii pomiarów powtarzalnych – oblicza wartość średnią, odchylenie standardowe oraz niepewność standardową typu A (metoda statystyczna) i typu B (na podstawie specyfikacji przyrządów). Profesjonalny zapis metrologiczny: Dokonuje poprawnego zaokrąglenia niepewności rozszerzonej i zapisuje końcowy wynik pomiaru w formacie. Prezentacja graficzna zaawansowana: Nanosi na wykresy słupki niepewności (wąsy błędów), obrazując graficznie przedział ufności każdego punktu pomiarowego. Wykorzystuje programy komputerowe (np. arkusz kalkulacyjny Excel) do automatycznego generowania tabel, wykresów i linii trendu (regresja liniowa). Oficjalne raportowanie: Opracowuje kompleksowy, profesjonalny protokół pomiarowo-odbiorczy z montażu i uruchomienia układu mechatronicznego. Formułuje precyzyjne, jednoznaczne wnioski końcowe, które prawnie i technicznie kwalifikują urządzenie do bezpiecznej eksploatacji bądź odrzucenia. Wykorzystuje oprogramowanie komputerowe do wykreślenia charakterystyk i generuje profesjonalny protokół pomiarowy z montażu.
- **Celujący (6):** Uczeń znacznie wykracza poza standardowy program technikum. Wykazuje się wysoką innowacyjnością, wdraża cyfrowe systemy akwizycji danych i automatycznego generowania raportów. Projektuje i wdraża zautomatyzowane komputerowe systemy pomiarowe (np. przy użyciu LabVIEW, Python lub systemów SCADA), które automatycznie zbierają dane z montowanych układów, wykonują obliczenia matematyczno-statystyczne w czasie rzeczywistym i dynamicznie prezentują wyniki na ekranach synoptycznych HMI. Tworzy autorskie skrypty lub bazy danych do archiwizacji i prezentacji. Opracowuje autorskie wzory protokołów, procedury prezentacji danych lub buduje pomoce dydaktyczne ułatwiające naukę metrologii i sprawozdawczości innym uczniom, pełniąc rolę. Dokonuje zaawansowanej obróbki statystycznej wyników pomiarów, wyznaczając przedziały ufności dla montowanych serii układów.

PRZEDMIOT 8: PRACOWNIA MONTAŻU, URUCHAMIANIA I KONSERWACJI URZĄDZEŃ I SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH (ELM.03)

Dział 1: Montaż elementów elektrycznych i elektronicznych (ELM.03.3)

- **Wymagania Podstawowe:** Identyfikacja symboli graficznych i elementów elektrycznych na podstawie wyglądu; posługiwanie się rysunkiem technicznym i schematami podczas prac montażowych; dobieranie narzędzi; wykonywanie połączeń obwodów prądu stałego i zmiennego; stosowanie programów komputerowych do obliczeń i schematów.
- **Wymagania Ponadpodstawowe:** Ocena stanu technicznego elementów przygotowanych do montażu; samodzielne wykonywanie montażu i demontażu zaawansowanych podzespołów; kontrolowanie jakości i zgodności montażu z dokumentacją.

Treści nauczania

- **Lutowanie i montaż elektroniczny:** Narzędzia i sprzęt lutowniczy (stacje oporowe, Hot-Air); materiały (spoiwa lutownicze ołowiane i bezołowiowe SAC, topniki, kalafonia, pasty); montaż przewlekany (THT) oraz powierzchniowy (SMD); zasady poprawności połączeń lutowanych; demontaż elementów (odsysacze, taśma miedziana).
- **Obróbka i montaż okablowania:** Przygotowywanie przewodów (zdejmowanie izolacji, zaciskanie tulejek izolowanych, konektorów i końcówek oczkowych za pomocą prasek); montaż wiązek w korytach grzebieniowych; zarabianie złączy przemysłowych (np. M12, D-Sub, RJ45).

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie potrafi posługiwać się lutownicą; niszczy ścieżki i elementy na płytkach PCB. Łączy elementy niezgodnie ze schematem, niszczy izolację przewodów, nie potrafi zarobić końcówek kablowych.
- **Dopuszczający (2):** Wykonuje proste lutowanie THT; zarabia przewód elektryczny i zaciska tulejkę za pomocą praski. Łączy prosty obwód (np. źródło, wyłącznik, żarówka) na podstawie przejrzystego schematu montażowego z pomocą nauczyciela.
- **Dostateczny (3):** Wykonuje lutowanie THT i podstawowe SMD; poprawnie dobiera topniki i spoiwa; zarabia złącza przemysłowe (M12, RJ45). Samodzielnie montuje mechanicznie elementy na szynie DIN i wykonuje poprawne połączenia elektryczne według schematu ideowego.
- **Dobry (4):** Wykonuje montaż i demontaż (desoldering) gęsto upakowanych elementów SMD przy użyciu Hot-Air; układa wiązki kablowe w korytach. Sprawnie montuje obwody rozdzielcze prądu przemiennego; kontroluje poprawność połączeń omomierzem przed podłączeniem zasilania.
- **Bardzo dobry (5):** Wykonuje wzorcowy montaż pakietu elektronicznego zgodny ze standardami IPC; diagnozuje i naprawia zimne luty oraz zwarcia. Dokonuje pełnego montażu wieloobwodowej szafy sterowniczej, przeprowadza kontrolę jakościową i wykazuje zgodność z normami.
- **Celujący (6):** Projektuje płytkę PCB, zamawia szablony i wykonuje pełny montaż oraz uruchomienie modułu elektronicznego. Projektuje i wykonuje optymalną trasę kablową w szafie sterowniczej o wysokim stopniu skomplikowania, eliminując potencjalne zakłócenia EMC.

Dział 2: Montaż elementów i zespołów mechanicznych (ELM.03.2)

Temat 1: Wykonywanie montażu mechanicznego

Treści nauczania

- **Obróbka ręczna i maszynowa metali i tworzyw:** Trasowanie, cięcie, piłowanie, wiercenie, pogłębianie stożkowe i walcowe, rozwiercanie pasowane, ręczne i maszynowe gwintowanie otworów i wałków.
- **Aseblacja konstrukcji mechanicznych:** Montaż konstrukcji wsporczych z profili aluminiowych; montaż prowadnic liniowych, łożysk, przekładni pasowych/zębatych i siłowników; osiowanie wałów i kasowanie luzów w przekładniach mechanicznych.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie potrafi dobrać wiertła pod dany gwint; uszkadza narzędzia do obróbki ręcznej.
- **Dopuszczający (2):** Wykonuje proste operacje trasowania, cięcia i wiercenia; montuje profile aluminiowe z pomocą nauczyciela. Odczytuje symbole elementów z rysunku montażowego.
- **Dostateczny (3):** Wykonuje gwintowanie ręczne otworów, rozwiercanie pasowane; składa prowadnice liniowe i przekładnie pasowe/zębate. Sporządza prosty plan montażu mechanicznego i elektrycznego w formie listy kroków.
- **Dobry (4):** Przeprowadza precyzyjne osiowanie wałów, kasowanie luzów w przekładniach oraz wyważenie/ustawienie naciągu pasków. Dobiera na podstawie dokumentacji aparaturę kontrolno-pomiarową i uzbrojenie linii montażowej.
- **Bardzo dobry (5):** Montuje skomplikowaną strukturę mechaniczną stanowiska mechatronicznego z zachowaniem tolerancji geometrycznych i pasowań. Opracowuje kompleksowy plan odbioru technicznego układu wraz z procedurami działań korygujących przy niespełnieniu kryteriów.
- **Celujący (6):** Wykonuje od podstaw zaawansowany moduł mechaniczny ze spawaną bazą, prowadnicami i przekładnią kulową. Opracowuje pełną dokumentację technologiczną montażu wielostanowiskowego gniazda produkcyjnego w oparciu o certyfikowane normy ISO.

Dział 3: Montaż elektryczny i rozruch elementów wykonawczych i sterujących, montaż elektroniczny i pływowy (ELM.03.3)

Temat 1: Zasilanie, podłączanie i uruchamianie urządzeń mechatronicznych

- **Wymagania Podstawowe:** Interpretacja danych znamionowych; rozróżnianie mediów roboczych (prąd, powietrze, ciecz) i ich przyłączy; podłączanie źródeł napięcia, sprężonego powietrza i hydrauliki; podłączanie układów bezpieczeństwa; kontrola prawidłowości połączeń; bezpieczne uruchamianie i regulacja nastaw według instrukcji.
- **Wymagania Ponadpodstawowe:** Wyjaśnianie sposobów sprawdzania parametrów; sekwencyjne uruchamianie bloków funkcjonalnych; przeprowadzanie zaawansowanych prób działania i sprawdzanie integralności systemów bezpieczeństwa.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Ignoruje procedury bezpieczeństwa, podłącza media pod ciśnieniem bez weryfikacji stanu zaworów odcinających.
- **Dopuszczający (2):** Podłącza główne przewody zasilania elektrycznego do stanowiska na podstawie instrukcji krok po kroku.
- **Dostateczny (3):** Samodzielnie przygotowuje instalację zasilającą (elektryczną i pneumatyczną) i przeprowadza bezpieczne uruchomienie maszyny.

- **Dobry (4):** Prawidłowo integruje i podłącza pętle bezpieczeństwa (E-STOP, kurtyny świetlne) oraz weryfikuje ich poprawne działanie.
- **Bardzo dobry (5):** Realizuje pełne, sekwencyjne uruchomienie wielomedialnego gniazda produkcyjnego wraz z konfiguracją regulatorów roboczych.
- **Celujący (6):** Samodzielnie diagnozuje i usuwa ukryty błąd w obwodzie.

Temat 2: Montaż elektrycznych aparatów sterowniczych i rozruch szaf mechatronicznych

- **Wymagania Podstawowe (WP):** Wyjaśnianie działania elektrycznych elementów sterowania stycznikowo-przełącznikowego (styczniki, przełączniki, przełączniki czasowe); identyfikowanie gniazd, wtyków i przyłączy; podłączanie źródeł zasilania i napięcia do układów sterowania; stosowanie zasad bezpieczeństwa.
- **Wymagania Ponadpodstawowe (WPP):** Objawianie działania zaawansowanych układów sterowania stycznikowego na podstawie schematów montażowych; tworzenie listy czynności sprawdzających dla nowych elementów; uruchamianie bloków funkcjonalnych w określonej kolejności.

Treści nauczania

- **Montaż aparatury w szafie sterowniczej:** Wyznaczanie tras i mocowanie szyn TH35 (DIN) oraz koryt grzebieniowych; montaż zasilaczy impulsowych, wyłączników nadprądowych, różnicowoprądowych, styczników, przełączników, przełączników bezpieczeństwa oraz sterowników PLC.
- **Kablowanie i podłączenia:** Układanie i oznaczanie przewodów zgodnie ze schematem elektrycznym (system oznaczników numerycznych/literowych); łączenie czujników oraz elementów wykonawczych ze sterownikiem; prowadzenie elastycznych przewodów pneumatycznych/hydraulicznych z zachowaniem promieni gięcia.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Połączona szafa sterownicza powoduje krótkie spięcie; brak poszanowania zasad oznaczeń. Uczeń wykonuje połączenia szafy sterowniczej w sposób powodujący zwarcie międzyfazowe, nie stosuje tulejek kablowych.
- **Dopuszczający (2):** Montuje szynę TH35 i koryta; podłącza zasilacz i prosty przełącznik wg podanego schematu. Uczeń z pomocą nauczyciela montuje na szynie DIN stycznik i podłącza jego cewkę do przycisku sterowniczego.
- **Dostateczny (3):** Wykonuje montaż aparatury w szafie (PLC, zabezpieczenia, styczniki); podłącza czujniki i układ pneumatyki z oznaczeniem przewodów. Uczeń samodzielnie montuje i uruchamia klasyczny układ załączania stycznika z podtrzymaniem programowym/stykiem pomocniczym.
- **Dobry (4):** Wykonuje kompleksowy montaż szafy sterowniczej z zachowaniem separacji obwodów mocy i sygnałowych oraz prowadzeniem rur pneumatycznych. Uczeń wykonuje montaż szafy sterującej rozruchem rewersyjnym silnika (lewo/prawo) z mechaniczną i elektryczną blokadą styków.
- **Bardzo dobry (5):** Wykonuje wzorcowy montaż instalacji elektryczno-płynowej urządzenia zgodny ze schematem i normami (estetyka, promienie gięcia, opisy). Uczeń montuje i uruchamia kompletny układ rozruchu silnika gwiazda-trójkąt z wykorzystaniem przełącznika czasowego, dbając o estetykę koryt kablowych.
- **Celujący (6):** Samodzielnie dokonuje optymalizacji rozmieszczenia elementów w szafie sterowniczej i montuje kompletne urządzenie mechatroniczne. Uczeń montuje i uruchamia kompletny układ rozruchu silnika gwiazda-trójkąt z wykorzystaniem przełącznika czasowego, dbając o estetykę koryt kablowych.

Temat 3: Montaż, parametryzacja i uruchamianie układów napędowych

- **Wymagania Podstawowe (WP):** Odczytywanie danych znamionowych silników; charakteryzowanie zależności ruchowych silników prądu stałego oraz trójfazowych klatkowych; podłączanie zasilania do maszyn elektrycznych; sprawdzanie poprawności połączeń.
- **Wymagania Ponadpodstawowe (WPP):** Ustalanie nastaw przetwornicy częstotliwości (falownika); regulowanie prędkości silnika DC z regulatorem PWM; objaśnianie wpływu awarii (zanik fazy w sieci 3-fazowej, przerwa w obwodzie wirnika silnika DC); przeprowadzanie prób działania.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Uczeń podłącza silnik trójfazowy w sposób wywołujący asymetrię zasilania, nie podłącza przewodu ochronnego PE do obudowy.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń pod nadzorem podłącza silnik klatkowy do sieci w układzie gwiazdy na podstawie rysunku w puszcze zaciskowej.
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie montuje i uruchamia silnik prądu stałego, wykonując poprawną zmianę kierunku obrotów poprzez przełączenie twornika.
- **Dobry (4):** Uczeń poprawnie podłącza falownik do silnika 3-fazowego, parametryzuje podstawową rampę przyspieszania i hamowania z panelu.
- **Bardzo dobry (5):** Uczeń integruje silnik z falownikiem sterowanym zewnętrznymi sygnałami analogowymi (0-10V) oraz regulatorem PWM silnika DC, badając stany awaryjne.
- **Celujący (6):** Uczeń konfiguruje i uruchamia precyzyjny serwonapęd mechatroniczny, optymalizując pętlę sprzężenia zwrotnego pozycji i prędkości.

Dział 4: Uruchamianie i regulacja systemów (ELM.03.4)

Temat 1: Przeglądy, eksploatacja

- **Wymagania podstawowe:** Obejmują podstawową wiedzę teoretyczną, procedury rozruchowe oraz proste, powtarzalne czynności konserwacyjne i weryfikacyjne wykonywane według ścisłej instrukcji stanowiskowej. Zasady uruchamiania i obsługi: Uczeń opisuje procedurę bezpiecznego włączania i wyłączania urządzeń mechatronicznych (zasilanie elektryczne, pneumatyczne, hydrauliczne). Potrafi z pomocą instrukcji doprowadzić maszynę do stanu gotowości pracy. Pojęcia z zakresu regulacji: Definiuje podstawowe elementy układu regulacji (wielkość regulowana, nastawiana, uchyb regulacji, obiekt, regulator, czujnik). Wstępna parametryzacja: Uruchamia i wprowadza podstawowe, gotowe nastawy w sterownikach PLC (np. nastawy timerów, liczników) lub regulatorach dedykowanych. Eksploatacja i przeglądy wizualne: Przeprowadza rutynowe przeglądy okresowe maszyn (ogłędziny zewnętrzne). Wykrywa ewidentne usterki mechaniczne (wycieki płynów, przetarte przewody, poluzowane mocowania). Podstawowa konserwacja: Wykonuje proste czynności konserwacyjne przewidziane w harmonogramie (czyszczenie czujników optycznych, wymiana wkładów filtrów powietrza, uzupełnianie oleju w smarownikach pneumatycznych, smarowanie prowadnic). Pomiary kontrolne: Za pomocą podstawowych przyrządów (multimetr, manometr, suwmiarka) sprawdza podstawowe parametry pracy (napięcie sterowania 24V DC, ciśnienie robocze 6 bar, luzy mechaniczne). BHP i Dokumentacja: Ścisłe przestrzega instrukcji BHP, procedury LOTO (Lockout/Tagout) podczas prac serwisowych oraz prawidłowo uzupełnia karty przeglądów/eksploatacji.
- **Wymagania ponadpodstawowe:** Obejmują zaawansowane umiejętności matematycznej i technicznej analizy układów dynamicznych, samodzielną parametryzację i strojenie zaawansowanych algorytmów (PID/napędy), planowanie strategii utrzymania ruchu oraz diagnostykę awarii na podstawie DTR. Zaawansowane uruchamianie i komutacja: Samodzielnie uruchamia skomplikowane systemy mechatroniczne (linie produkcyjne, gniazda zrobotyzowane).

Konfiguruje i parametryzuje zaawansowane układy napędowe (falowniki, serwonapędy, układy PTO/PWM silników krokowych) za pomocą paneli operatorskich lub oprogramowania PC. Regulacja ciągła i strojenie (PID): Implementuje i parametryzuje bloki regulacji ciągłej (np. PID_Compact w TIA Portal). Wyznacza nastawy metodami lub przeprowadza proces automatycznego strojenia i optymalizuje parametry Gain, Ti, Td pod kątem stabilności i czasu odpowiedzi. Projektowanie strategii eksploatacji: Samodzielnie analizuje i interpretuje Dokumentację Techniczno-Ruchową (DTR) oraz instrukcje serwisowe producentów maszyn. Kompleksowa diagnostyka usterkowa: Lokalizuje i identyfikuje złożone awarie o charakterze interdyscyplinarnym (elektro-pneumatyczno-programowe). Wykorzystuje bufor diagnostyczny sterownika PLC, tabele błędów sieciowych (Profinet/IO-Link) oraz zaawansowane pomiary (np. oscyloskopowa analiza stanów przejściowych, pomiar rezystancji izolacji megaomomierzem czy impedancji pętli zwarcia). Optymalizacja i raportowanie: Analizuje trendy zużycia podzespołów (np. drgania, pobór prądu, temperatura). Sporządza profesjonalne raporty z uruchomienia / protokoły, precyzyjnie opisując stan techniczny urządzeń i formułując zalecenia eksploatacyjne.

Treści nauczania

- **Procedura pierwszego uruchomienia:** Kontrola beznapięciowa (sprawdzanie ciągłości połączeń masowych i ochronnych PE, stan uszkodzeń izolacji); testy szczelności instalacji płynowych; bezpieczne podanie zasilania; weryfikacja napięć sterujących; regulacja mechaniczna i elektryczna czujników zbliżeniowych oraz krańcówek; regulacja parametrów pracy elementów wykonawczych (nastawa prędkości tłoków zaworami dławiącymi, regulacja ciśnienia).

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Włącza zasilanie bez uprzedniego sprawdzenia ciągłości połączeń i stanu bezpieczeństwa.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń potrafi z pomocą nauczyciela lub na podstawie szczegółowej instrukcji wykonać proste, powtarzalne czynności rozruchowe i konserwacyjne. Uruchamianie: Z pomocą instrukcji stanowiskowej włącza i wyłącza zasilanie (elektryczne, pneumatyczne) podstawowych urządzeń mechatronicznych. Potrafi doprowadzić układ do stanu gotowości. Regulacja: Zna definicję układu regulacji i potrafi wskazać jego podstawowe, fizyczne elementy na stanowisku (np. czujnik temperatury, grzałkę). Eksploatacja i przeglądy: Przeprowadza podstawowe oględziny zewnętrzne maszyny. Wskazuje ewidentne uszkodzenia mechaniczne (np. pęknięty przewód pneumatyczny, wyciek płynu). Konserwacja: Wykonuje proste czynności czyszczące i pielęgnacyjne pod okiem nauczyciela (np. przecieranie obudów, czyszczenie czujników optycznych z kurzu). BHP: Zna i stosuje podstawowe zasady bezpiecznej pracy (stosuje odzież ochronną, wie, gdzie znajduje się wyłącznik awaryjny E-STOP). Sprawdza stan zasilania; reguluje prędkość tłoka siłownika zaworem dławiącym pod nadzorem.
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie wykonuje typowe, proste zadania według instrukcji technologicznej. Poprawnie posługuje się podstawową aparaturą kontrolną. Uruchamianie: Samodzielnie i bezpiecznie uruchamia system mechatroniczny zgodnie z procedurą. Potrafi sprawdzić obecność napięcia sterowania (24V DC) oraz ciśnienia zasilania (6 bar). Regulacja: Definiuje uchyb regulacji, wielkość regulowaną i nastawianą. Zmienia podstawowe nastawy czasowe (timery, liczniki) w gotowym programie sterownika PLC. Eksploatacja i przeglądy: Samodzielnie przeprowadza rutynowy przegląd okresowy na podstawie karty przeglądu. Kontroluje stan filtrów powietrza i poziom oleju w smarownicach pneumatycznych. Konserwacja: Wykonuje podstawowe, powtarzalne czynności serwisowe (np. wymiana wkładu filtra, smarowanie przewodnic liniowych, naciąg pasów napędowych). Dokumentowanie: Prawidłowo i czytelnie uzupełnia eksploatacyjne karty kontrolne, raportując wykonane czynności i stan techniczny urządzeń. Przeprowadza beznapięciową kontrolę ciągłości PE i izolacji; bezpiecznie uruchamia system; reguluje pozycję czujników zbliżeniowych.

- **Dobry (4):** Uczeń dobrze opanował materiał. Samodzielnie analizuje schematy, dobiera metody weryfikacji stanu urządzeń, parametryzuje podstawowe napędy i sprawnie lokalizuje typowe usterki. Uruchamianie i parametryzacja: Samodzielnie uruchamia i parametryzuje przemienniki częstotliwości (falowniki) do regulacji prędkości silników AC (wprowadza dane z tabliczki znamionowej, konfiguruje rampy rozruchu/hamowania). Regulacja: Wyjaśnia rolę członów P, I, D w regulatorze. Potrafi zaimplementować standardowy blok regulacji (np. dwustawnej) i podłączyć do niego sygnały z czujników. Przeglądy i Diagnostyka: Samodzielnie lokalizuje typowe usterki o charakterze jednorodnym (np. uszkodzony czujnik indukcyjny, spalona cewka elektrozaworu, zawieszony styk przekaźnika) na podstawie pomiarów elektrycznych i pneumatycznych. Eksploatacja: Analizuje dokumentację techniczno-ruchową (DTR) w celu weryfikacji poprawności parametrów pracy maszyny. Kontroluje działanie podstawowych obwodów bezpieczeństwa. Dokumentowanie: Sporządza czytelne raporty z wykonanych prac naprawczych i testów pomiarowych, formułując jasne wnioski techniczne. Przeprowadza pełną procedurę pierwszego uruchomienia; reguluje ciśnienia robocze, przepływy oraz krańcówki elektromechaniczne.
- **Bardzo dobry (5):** Uczeń wykazuje pełne, przygotowanie. Pracuje całkowicie samodzielnie, optymalizuje procesy regulacji ciągłej, wdraża procedury bezpieczeństwa i lokalizuje złożone usterki interdyscyplinarne. Uruchamianie i zaawansowana regulacja: Samodzielnie uruchamia złożone, wieloosiowe systemy mechatroniczne. Implementuje i konfiguruje blok regulacji ciągłej PID_Compact (w środowisku TIA Portal). Przeprowadza proces automatycznego strojenia i optymalizuje nastawy pod kątem stabilności układu. Sterowanie zaawansowane napędów: Konfiguruje i uruchamia moduły sterowania silnikami krokowymi i serwonapędami za pomocą wyjść impulsowych PTO/PWM lub cyfrowych magistral komunikacyjnych. Kompleksowa diagnostyka usterkowa: Lokalizuje ukryte, złożone awarie o charakterze rozproszonym (elektro-pneumatyczno-programowym). Wykorzystuje bufor diagnostyczny sterownika PLC, tabele błędów sieci przemysłowych oraz zaawansowane pomiary (np. megaomierzem, oscyloskopem). Eksploatacja i BHP: Przeprowadza przeglądy techniczne systemów bezpieczeństwa (kurtyny optoelektroniczne). Bezwzględnie stosuje i koordynuje procedury bezpieczeństwa podczas prac serwisowych. Raportowanie: Samodzielnie sporządza oficjalne protokoły pomiarowo-odbiorcze i raporty z uruchomienia, formułując profesjonalne zalecenia eksploatacyjne. Kalibruje tor pomiarowo-wykonawczy (czujniki, napędy); dokonuje regulacji optymalnych parametrów pracy urządzenia mechatronicznego.
- **Celujący (6):** Uczeń znacznie wykracza poza ramy programu nauczania technikum. Wykazuje się wysoką innowacyjnością, łączy automatykę z zaawansowanymi technologiami IT. Projektuje i buduje skomputeryzowane systemy diagnostyczne (np. monitorowanie drgań, hałasu i temperatury węzłów łożyskowych oparte na czujnikach z interfejsem IO-Link zintegrowanych z aplikacją SCADA) w celu prognozowania awarii przed ich wystąpieniem. Optymalizacja i automatyzacja systemowa: Opracowuje autorskie algorytmy regulacji. Projekty autorskie: Tworzy zaawansowane instrukcje serwisowe, plany konserwacji prewencyjnej dla parku maszynowego pracowni mechatronicznej lub buduje stanowiska dydaktyczne symulujące błędy i awarie dla innych uczniów. Pełni rolę lidera grupy uczniowskiej.

Temat 2: Przeglądy, eksploatacja i regulacja systemów mechatronicznych

- **Wymagania Podstawowe:** Eksploatacja przekształtników energoelektronicznych, maszyn elektrycznych, układów regulacji i sieci komunikacyjnych; dobór procedur obsługi; nastawianie parametrów procesów; regulacja prędkości obrotowej (falowniki, PWM); wykorzystanie symboli elektrycznych, fluidalnych i rysunków montażowych; tworzenie instrukcji i dokumentacji przy użyciu sterownika PLC.
- **Wymagania Ponadpodstawowe:** Sporządzanie dokumentacji pomiarowej układów analogowych, cyfrowych, obwodów mocy, pneumatyki i hydrauliki systemu mechatronicznego.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie potrafi zmienić podstawowych parametrów pracy falownika, błędnie interpretuje schematy ideowe.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń potrafi z pomocą nauczyciela lub na podstawie szczegółowej instrukcji wykonać proste, powtarzalne czynności rozruchowe i przeglądowe. Eksploatacja i przeglądy: Przeprowadza podstawowe oględziny zewnętrzne urządzeń. Z pomocą instrukcji stanowiskowej bezpiecznie włącza i wyłącza zasilanie (elektryczne, pneumatyczne) systemów mechatronicznych. Regulacja: Zna definicję układu regulacji automatycznej. Potrafi wskazać na stanowisku fizyczne elementy pętli sprzężenia zwrotnego (np. czujnik, regulator, element wykonawczy). Konserwacja: Wykonuje proste, zalecone czynności czyszczące i pielęgnacyjne (np. czyszczenie czujników z kurzu, wycieranie obudów). BHP: Zna i wskazuje położenie wyłącznika awaryjnego (E-STOP). Przestrzega podstawowych zasad bezpiecznej pracy. Odczytuje aktualne parametry sieci komunikacyjnej i stany wejść/wyjść sterownika PLC na podstawie instrukcji.
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie wykonuje typowe, proste zadania według instrukcji technologicznej lub harmonogramu przeglądów. Poprawnie posługuje się podstawową aparaturą kontrolno-pomiarową. Eksploatacja i przeglądy: Samodzielnie przeprowadza rutynowy przegląd okresowy na podstawie karty kontrolnej. Sprawdza parametry zasilania (napięcie 24V DC, ciśnienie robocze 6 bar). Regulacja: Definiuje pojęcia: uchyb regulacji, wielkość regulowana, zakłócenie. Zmienia podstawowe nastawy (np. wartości timerów i liczników) w gotowym programie sterownika PLC. Konserwacja i obsługa: Wykonuje standardowe czynności serwisowe (np. wymiana wkładu filtra powietrza, uzupełnienie oleju w smarownicy pneumatycznej, smarowanie prowadnic). Dokumentowanie: Prawidłowo i czytelnie uzupełnia eksploatacyjne karty kontrolne, raportując stan techniczny maszyn. Samodzielnie konfiguruje podstawowe parametry falownika (czas rozpędzania, hamowania) do sterowania silnikiem klatkowym.
- **Dobry (4):** Uczeń dobrze opanował materiał. Samodzielnie analizuje schematy, dobiera metody weryfikacji stanu urządzeń, parametryzuje podstawowe napędy i sprawnie lokalizuje usterki. Eksploatacja i DTR: Analizuje Dokumentację Techniczno-Ruchową (DTR) w celu weryfikacji poprawności parametrów pracy maszyny i kontroli działania obwodów bezpieczeństwa. Zaawansowana regulacja: Wyjaśnia rolę i zasadę działania członów proporcjonalnego, całkującego i różniczkującego (P, I, D) w regulatorze. Potrafi zaimplementować i skonfigurować regulator dwustawny w sterowniku PLC. Parametryzacja napędów: Samodzielnie parametryzuje przemienniki częstotliwości (falowniki) do regulacji prędkości silników indukcyjnych AC (konfiguruje rampy rozruchu/hamowania, wprowadza dane silnika). Diagnostyka: Sprawnie lokalizuje typowe usterki o charakterze jednorodnym (np. uszkodzony czujnik indukcyjny, spalona cewka elektrozaworu, zawieszony styk przekaźnika) na podstawie pomiarów elektrycznych i pneumatycznych. Przeprowadza regulację prędkości obrotowej napędu DC z regulatorem PWM; poprawnie analizuje schematy funkcjonalne i modyfikuje nastawy regulatora.
- **Bardzo dobry (5):** Uczeń wykazuje pełne, przygotowanie. Pracuje całkowicie samodzielnie, optymalizuje procesy regulacji ciągłej, wdraża zaawansowane procedury bezpieczeństwa i lokalizuje złożone usterki. Zaawansowana regulacja (PID): Samodzielnie implementuje, parametryzuje i optymalizuje bloki regulacji ciągłej (np. PID_Compact w środowisku TIA Portal). Przeprowadza proces automatycznego strojenia (Pre-tuning oraz Fine tuning) pod kątem stabilności i czasu odpowiedzi obiektu. Sterowanie zaawansowane napędów: Konfiguruje, uruchamia i programuje moduły sterowania silnikami krokowymi oraz serwonapędami za pomocą wyjść impulsowych PTO/PWM lub cyfrowych magistral komunikacyjnych. Kompleksowa diagnostyka usterkowa: Lokalizuje ukryte, złożone awarie o charakterze rozproszonym (elektro-pneumatyczno-programowym). Wykorzystuje bufor diagnostyczny sterownika PLC, tabele błędów sieci przemysłowych (Profinet/IO-Link) oraz pomiary specjalistyczne (megaomomierz, oscyloskop). Eksploatacja i BHP:

Przeprowadza przeglądy techniczne systemów bezpieczeństwa. Bezwzględnie stosuje i koordynuje procedury bezpieczeństwa. Raportowanie: Samodzielnie sporządza oficjalne protokoły pomiarowo-odbiorcze i raporty z uruchomienia systemów, formułując profesjonalne zalecenia eksploatacyjne. Dokonuje pełnego uruchomienia i synchronizacji węzła komunikacyjnego (Profibus/Modbus/Ethernet) między PLC a przetwornicą częstotliwości.

- **Celująca (6):** Uczeń znacznie wykracza poza ramy programu nauczania technikum. Wykazuje się wysoką innowacyjnością, łączy automatykę z zaawansowanymi technologiami IT. Projektuje i buduje systemy diagnostyczne (np. ciągły monitoring drgań, hałasu i temperatury węzłów łożyskowych oparty na czujnikach z interfejsem IO-Link, zintegrowany ze sterownikiem PLC lub aplikacją SCADA) w celu prognozowania awarii przed ich wystąpieniem. Optymalizacja i automatyzacja systemowa: Opracowuje autorskie algorytmy regulacji. Projekty autorskie: Tworzy instrukcje serwisowe, buduje stanowiska dydaktyczne symulujące błędy i awarie dla innych uczniów. Postawa leaderska: Pełni rolę lidera grupy uczniowskiej.

Dział 5: Konserwacja i diagnostyka i naprawa systemów mechatronicznych (ELM.03.5)

Temat 1: Przeprowadzanie przeglądów okresowych i konserwacji urządzeń

- **Wymagania Podstawowe (WP):** Określanie metod wykonania przeglądów i konserwacji układów elektrycznych, pneumatycznych i mechanicznych; dobieranie materiałów konserwacyjnych (oleje, smary); przygotowanie urządzenia i stanowiska do konserwacji; sporządzanie protokołów z pomiarów. Planowanie i wykonywanie prac przeglądowych i konserwacyjnych układów elektrycznych, elektronicznych, pneumatycznych i hydraulicznych; dobieranie materiałów konserwacyjnych; realizacja pomiarów wielkości fizycznych i sporządzanie protokołów; bezpieczna wymiana uszkodzonych podzespołów.
- **Wymagania Ponadpodstawowe (WPP):** Tworzenie list czynności sprawdzających przydatność elementów po procesie eksploatacji; sporządzanie kompletnego planu przeglądów i konserwacji szaf oraz maszyn; kontrolowanie jakości wykonanych prac. Diagnozowanie stanu maszyny na podstawie oprogramowania monitorującego (HMI/SCADA); zaawansowana kontrola jakości prac konserwacyjnych; sporządzanie protokołów oceny jakościowej i technicznej.

Treści nauczania

- **Wykrywanie usterek i przeglądy:** Lokalizacja uszkodzeń w układach elektrycznych i płynowych za pomocą mierników, schematów oraz diagnostyki diodowej LED; wymiana uszkodzonych elementów; czyszczenie i smarowanie węzłów tarcia; wymiana wkładów filtracyjnych; sporządzanie dokumentacji przeglądowej i protokołów z napraw.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie potrafi zlokalizować uszkodzonego bezpiecznika lub przerywanego przewodu. Uczeń nie potrafi ocenić stanu zużycia podstawowych elementów eksploatacyjnych, pomija procedury czyszczenia styków i filtrów. Nie potrafi przeprowadzić podstawowych czynności konserwacyjnych (np. czyszczenie filtrów, smarowanie), wymienia elementy na uszkodzone lub o złych parametrach.
- **Dopuszczający (2):** Wskazuje uszkodzony element na podstawie diod LED/sygnalizatorów z pomocą nauczyciela. Uczeń wykonuje proste czynności czyszczące i smarujące na wyznaczonym podzespole mechanicznym pod okiem nauczyciela.
- **Dostateczny (3):** Lokalizuje usterkę w obwodzie elektrycznym i płynowym przy użyciu multimetru i schematu; wymienia uszkodzone elementy. Uczeń samodzielnie przeprowadza rutynowy przegląd szafy sterowniczej (dokręcanie zacisków śrubowych, pomiar napięć zasilacza) według instrukcji. Przeprowadza okresową wymianę filtrów powietrza i zużytych czujników zgodnie z harmonogramem konserwacji.

- **Dobry (4):** Wykonuje przegląd konserwacyjny (wymiana filtrów, smarowanie węzłów tarcia, czyszczenie); sporządza protokół z naprawy. Uczeń wykonuje pomiary rezystancji izolacji uzwojeń maszyn elektrycznych, poprawnie interpretuje stan zużycia i dobiera środki konserwujące. Wykonuje pomiary diagnostyczne silników (rezystancja uzwojeń), interpretuje komunikaty błędów z panelu HMI i sporządza poprawny protokół.
- **Bardzo dobry (5):** Wykorzystuje diagnostykę zaawansowaną (oscylloskop, testery nieszczelności) do wykrywania trudnych usterek okresowych. Uczeń opracowuje i wdraża szczegółowy harmonogram konserwacji prewencyjnej całego stanowiska mechatronicznego wraz z protokołem końcowym. Samodzielnie przeprowadza pełny proces diagnostyczno-konserwacyjny systemu mechatronicznego z weryfikacją jakościową na SCADA.
- **Celujący (6):** Tworzy harmonogram zapobiegawczych prac konserwacyjnych (Predictive/Preventive Maintenance) dla parku maszynowego pracowni. Uczeń opracowuje i wdraża szczegółowy harmonogram konserwacji prewencyjnej całego stanowiska mechatronicznego wraz z protokołem końcowym.

Temat 2: Diagnostyka uszkodzeń i naprawa systemów mechatronicznych

- **Wymagania Podstawowe (WP):** Sprawdzanie danych technicznych urządzeń; odczytywanie objawów uszkodzeń; lokalizowanie miejsca uszkodzenia na podstawie oględzin i pomiarów multimetrem; dobieranie narzędzi i części zamiennych z katalogów; wymienianie uszkodzonych elementów elektrycznych i mechanicznych. Odczytywanie objawów uszkodzeń; lokalizowanie uszkodzeń na podstawie oględzin, pomiarów i instrukcji serwisowych; diagnozowanie sieci (ping, ipconfig); dobieranie narzędzi i części zamiennych z katalogów; usuwanie usterki przez wymianę elementów/podzespołów urządzeń i systemów mechatronicznych; sprawdzanie jakości naprawy.
- **Wymagania Ponadpodstawowe (WPP):** Zdiagnozowanie stanu technicznego układu na podstawie wyników pomiarów oscylloskopowych; lokalizowanie ukrytych usterek na podstawie analizy zachowania programu sterującego; zamawianie i pasowanie części. Diagnozowanie stanu technicznego na podstawie zaawansowanej analizy programu sterującego PLC; dopasowywanie i zamawianie alternatywnych części zamiennych.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Uczeń nie potrafi odnaleźć prostej przerwy w obwodzie (np. przepalonego bezpiecznika), wymienia sprawne aparaty losowo. Nie potrafi zlokalizować najprostszej usterki (np. przepalonego bezpiecznika, przerwanego przewodu), wymienia sprawne elementy na ślepo.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń lokalizuje ewidentne uszkodzenie uszkodzonego czujnika (brak świecenia diody LED przy wykryciu metalu) i wymienia go pod nadzorem. Lokalizuje oczywiste uszkodzenie mechaniczne (np. pęknięty wąż pneumatyczny) i wymienia go pod nadzorem.
- **Dostateczny (3):** Uczeń sprawnie posługuje się multimetrem, lokalizuje zwarcie lub przerwę w obwodzie sterowania stycznikowego i dokonuje naprawy. Wykonuje pomiary multimetrem, lokalizuje uszkodzony czujnik lub cewkę elektrozaworu i dokonuje poprawnej wymiany na element zgodny z katalogiem.
- **Dobry (4):** Uczeń diagnozuje usterki w obwodzie mocy silnika (np. upalony styk stycznika, brak jednej fazy) i samodzielnie wymienia zużyty aparat. Lokalizuje awarię sieci komunikacyjnej stosując narzędzia sieciowe lub usterkę w układzie napędowym (np. zanik fazy).
- **Bardzo dobry (5):** Uczeń diagnozuje złożoną usterkę w systemie mechatronicznym poprzez analizę błędów w oprogramowaniu sterownika PLC online i usuwa uszkodzenie sprzętowe. Diagnozuje i usuwa usterkę systemu mechatronicznego poprzez podłączenie komputera do PLC i analizę stanów logicznych online w programie.
- **Celujący (6):** Uczeń wykonuje zaawansowaną naprawę płyty elektronicznej sterownika poprzez lokalizację i wymianę uszkodzonego elementu półprzewodnikowego SMD.

Przeprowadza pełną modernizację uszkodzonego, układu sterowania maszyny, dobierając i programując nowoczesne komponenty zastępcze.

PRZEDMIOT 9: PRACOWNIA PNEUMATYKI I HYDRAULIKI

DZIAŁ I: UKŁADY PNEUMATYCZNE I ELEKTROPNEUMATYCZNE

Temat 1: Montaż i uruchamianie instalacji pneumatycznych

- **Wymagania Podstawowe (WP):** Wyjaśnianie budowy i działania układów wytwarzania sprężonego powietrza i sprężarek; zinterpretowanie własności fizycznych powietrza; identyfikowanie symboli graficznych elementów pneumatycznych; podłączanie elementów (siłowników, zaworów rozdzielających, dławiących) do zasilania. Wykonuje pełny rozruch i regulację hydrauliczną układu napędowego z silnikiem hydraulicznym, diagnozując i eliminując kawitację.
- **Wymagania Ponadpodstawowe (WPP):** Wyjaśnianie działania stacji przygotowania sprężonego powietrza (filtra, reduktora, smarownicy); objaśnianie zastosowania podzespołów pneumatycznych; kontrolowanie jakości i szczelności montażu fluidalnego. Kontrolowanie jakości i szczelności montażu fluidalnego; sprawdzanie zgodności z dokumentacją techniczną; diagnozowanie błędów montażowych przed uruchomieniem.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Uczeń podłącza przewody zasilające bezpośrednio do portów odpowietrzenia zaworu, dopuszcza do niekontrolowanych uderzeń ciśnienia. Błędnie łączy drogi zasilania i odpowietrzenia w zaworach, niszczy przewody pneumatyczne przez nieprawidłowe cięcie.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń łączy na płycie montażowej prosty układ sterowania siłownikiem jednostronnego działania przy użyciu zaworu 3/2 sterowanego ręcznie. Łączy prosty układ z siłownikiem jednostronnego działania i zaworem 3/2 sterowanym ręcznie według schematu.
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie montuje układ sterowania siłownikiem dwustronnego działania z zaworem 5/2 sterowanym pneumatycznie bistabilnym. Samodzielnie montuje układ sterowania siłownikiem dwustronnego działania z zaworem 5/2 sterowanym pneumatycznie lub elektrycznie.
- **Dobry (4):** Uczeń montuje instalację pneumatyczną realizującą funkcję logiczną AND (zawór dwusygnałowy) lub OR (zawór szybkiego spustu/przełącznik obiegu). Realizuje poprawny montaż układu elektropneumatycznego z logicznym uwarunkowaniem sygnałów (np. realizacja funkcji AND/OR).
- **Bardzo dobry (5):** Uczeń wykonuje montaż dwu-siłownikowego układu sekwencyjnego (np. A+ B+ A- B-) z pełną kontrolą parametrów ciśnienia i prędkości tłoczyska. Wykonuje montaż skomplikowanego cyklu sekwencyjnego pracy dwóch siłowników, kontroluje jakość i szczelność połączeń.
- **Celujący (6):** Uczeń samodzielnie projektuje, montuje i reguluje układ pneumatyczny eliminujący sygnały uwięzione metodą kaskadową przy użyciu zaworów taktowych. Optymalizuje układ elektropneumatyczny (metoda kaskadowa lub taktowa) w montowanym systemie.

Temat 2: Montaż i uruchamianie układów elektropneumatycznych

- **Wymagania Podstawowe (WP):** Wyjaśnianie budowy i działania zaworów sterowanych elektromagnetycznie; rozróżnianie symboli elementów elektropneumatycznych na schematach ideowych; podłączanie cewek elektrozaworów i czujników magnetycznych do elektrycznych obwodów sterowania.

- **Wymagania Ponadpodstawowe (WPP):** Wyjaśnianie działania układów elektropneumatycznych w oparciu o diagramy stanów i diagramy funkcyjne; sporządzanie układów do symulacji komputerowej procesu; lokalizowanie błędów w połączeniach elektryczno-fluidalnych.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Uczeń powoduje zwarcie w obwodzie elektrycznym elektrozaworów, myli złącza cewek z wyjściami sygnałowymi czujników.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń podłącza zasilanie elektryczne do cewki zaworu elektropneumatycznego 5/2 za pośrednictwem przycisku NO pod nadzorem.
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie montuje układ elektropneumatyczny z siłownikiem realizującym samoczynny powrót po zadziałaniu elektrycznego łącznika krańcowego.
- **Dobry (4):** Uczeń buduje układ elektropneumatyczny z elektrycznym podtrzymaniem sygnału (pamięć elektryczna) i czujnikami kontaktronowymi na siłowniku.
- **Bardzo dobry (5):** Uczeń wykonuje montaż złożonego układu sterowania wielo-siłownikowego elektropneumatycznego na podstawie zadanego diagramu czasowo-funkcyjnego.
- **Celujący (6):** Uczeń projektuje, montuje i optymalizuje układ elektropneumatyczny współpracujący z wyspami zaworowymi sterowanymi poprzez interfejsy sieciowe.

DZIAŁ II: UKŁADY HYDRAULICZNE I ELEKTROHYDRAULICZNE

Temat 1: Montaż, rozruch i regulacja instalacji hydraulicznych i elektrohydraulicznych

- **Wymagania Podstawowe (WP):** Wyjaśnianie budowy układów wytwarzania ciśnienia cieczy i pomp hydraulicznych; rozróżnianie symboli elementów hydraulicznych (zawory przelewowe, dławiące, rozdzielacze, silniki hydrauliczne); bezpieczne łączenie przewodów wysokociśnieniowych; monitorowanie pracy. Klasyfikacja i identyfikacja podzespołów hydraulicznych i elektrohydraulicznych (pompy, akumulatory, zawory, siłowniki); dobieranie elementów zgodnie ze schematem; bezpieczne podłączanie do zasilania wysokociśnieniowego; określanie parametrów roboczych.
- **Wymagania Ponadpodstawowe (WPP):** Wyjaśnianie działania akumulatorów hydraulicznych oraz zaworów elektrohydraulicznych; dobieranie metod pomiaru ciśnienia i natężenia przepływu cieczy; sporządzanie planu konserwacji i wymiany uszczelnień technicznych. Klasyfikacja i identyfikacja podzespołów hydraulicznych i elektrohydraulicznych (pompy, akumulatory, zawory, siłowniki); dobieranie elementów zgodnie ze schematem; bezpieczne podłączanie do zasilania wysokociśnieniowego; określanie parametrów roboczych.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Uczeń ignoruje wycieki oleju, odłącza przewody hydrauliczne pod ciśnieniem, nie ustawia zaworu bezpieczeństwa (przelewowego). Nie przestrzega rygorystycznych zasad BHP przy wysokich ciśnieniach, dopuszcza do wycieków oleju hydraulicznego.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń identyfikuje przewody zasilające (P) i spływowe (T) agregatu hydraulicznego i podłącza rozdzielacz pod okiem nauczyciela. Identyfikuje przewody tłoczne i spływowe oraz podłącza prosty siłownik hydrauliczny pod nadzorem nauczyciela.
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie montuje układ z siłownikiem hydraulicznym i zaworem przelewowym, ustawiając zadane ciśnienie pracy na manometrze. Samodzielnie montuje na płycie roboczej układ z hydraulicznym zaworem przelewowym i zaworem rozdzielającym według schematu.
- **Dobry (4):** Uczeń buduje sprawnie działający układ hydrauliczny z zaworem zwrotnym dławiącym, realizując regulację prędkości ruchu siłownika na dolocie lub wylocie.

Poprawnie podłącza i konfiguruje układ elektrohydrauliczny z zaworem sterowanym elektromagnetycznie, kontrolując ciśnienie manometrem.

- **Bardzo dobry (5):** Uczeń wykonuje montaż układu elektrohydraulicznego z rozdzielaczem sterowanym elektrycznie i hydroakumulatorem, sporządzając protokół pomiarowy. Montuje zaawansowany układ hydrauliczny z regulacją prędkości (zawory dławiąco-regulacyjne) oraz akumulatorem, sprawdzając szczelność.
- **Celujący (6):** Uczeń diagnozuje i usuwa zaawansowane problemy zjawiska fali ciśnieniowej (uderzenia hydraulicznego) w układzie, stosując odpowiednie zawory hamujące. Wykonuje pełny rozruch i regulację hydrauliczną układu napędowego z silnikiem hydraulicznym, diagnozując i eliminując kawitację.

Dział 3: Montaż elementów płynowych (ELM.03.3)

Treści nauczania

- **Montaż elementów pneumatycznych i hydraulicznych:** Przycinanie i przygotowywanie przewodów elastycznych (PU, PA, PE) oraz rur stalowych/miedzianych; stosowanie złączy wtykowych, skręcanych i gwintowanych; montaż siłowników, bloków zaworowych, manometrów oraz zaworów odcinających na płytach montażowych i profilach.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie potrafi prawidłowo wpiąć przewodu w złączkę wtykową (powstają wycieki/nieszczelności).
- **Dopuszczający (2):** Przycina i przyłącza przewody elastyczne do siłowników i zaworów z pomocą, wykonuje montaż i demontaż elementów, podzespołów i zespołów pneumatycznych i hydraulicznych, kontroluje poprawność wykonania montażu i demontażu elementów, podzespołów i zespołów pneumatycznych i hydraulicznych, sprawdza zgodność montażu elementów podzespołów i zespołów pneumatycznych i hydraulicznych z dokumentacją techniczną,
- **Dostateczny (3):** Prawidłowo dobiera i montuje przewody (PU, PA), złączki, silniki hydrauliczne i blok zaworowy na płycie montażowej łączy układy pneumatyczne i elektropneumatyczne zgodnie ze schematem,
- **Dobry (4):** Wykonuje montaż sztywnych rur stalowych/miedzianych oraz osprzętu hydrauliki siłowej z zachowaniem odpowiednich momentów dokręcania.
- **Bardzo dobry (5):** Bez błędnie montuje złożony układ hydrauliczny/pneumatyczny, dbając o czystość układu, promienie gięcia i manometry.
- **Celujący (6):** Projektuje i wykonuje bloki rozdzielaczy i płyt montażowych pod indywidualną aplikację płynową.

Dział 2: Uruchamianie i regulacja układów płynowych (ELM.03.4)

- **Wymagania podstawowe:** Obejmują kluczowe pojęcia, podstawowe procedury bezpiecznego rozruchu oraz proste, powtarzalne czynności regulacyjne wykonywane na elementach pneumatycznych i hydraulicznych według ścisłej instrukcji. Procedury rozruchowe: Uczeń bezpiecznie i we właściwej kolejności uruchamia oraz wyłącza zasilanie układów płynowych (załączenie kompresora/stacji hydraulicznej, otwarcie zaworu głównego). Nastawy ciśnienia: Samodzielnie reguluje ciśnienie robocze w układzie za pomocą zaworu redukcyjnego w stacji przygotowania powietrza (lub zaworu przelewowego w hydraulicce) i kontroluje jego wartość na manometrze (np. ustawienie standardowych 6 bar). Regulacja prędkości: Wykonuje prostą regulację prędkości ruchu tłoczyska siłownika za pomocą zaworów dławiąco-zwrotnych (rozdziela dławienie na dolocie i wylocie z siłownika). Weryfikacja montażu: Przed podaniem ciśnienia sprawdza stan przewodów pneumatycznych/hydraulicznych pod kątem zagięć, skręceń i prawidłowości wpięcia w szybkozłączki.

Odczyt parametrów: Prawidłowo posługuje się jednostkami ciśnienia i przepływu (bar, Pa, MPa, l/min) oraz odczytuje wartości z manometrów. BHP i Konserwacja: Bezwzględnie przestrzega zasad BHP (ochrona oczu, zabezpieczenie przed nagłym uderzeniem przewodu pod ciśnieniem). Odpowietrza/odoleja układ przed przystąpieniem do jakichkolwiek modyfikacji połączeń. Odróżnia podstawowe stany awaryjne.

- **Wymagania ponadpodstawowe:** Obejmują zaawansowane umiejętności optymalizacji procesów dynamicznych, strojenie zaawansowanych zaworów logicznych i proporcjonalnych, uruchamianie złożonych cykli sekwencyjnych (również z PLC) oraz głęboką diagnostykę usterkową na podstawie dokumentacji technicznej (DTR). Uruchamianie układów sekwencyjnych: Samodzielnie uruchamia złożone układy wielosiłownikowe realizujące zadany cyklogram pracy (np. sekwencje typu (A+ B+ A- B-), kontrolując poprawność działania elementów sygnałowych i rozdzielających. Regulacja zaawansowana i logika: Konfiguruje, reguluje i optymalizuje parametry pracy układów z wykorzystaniem zaworów logicznych (AND, OR), zaworów szybkiego spustu, zaworów sekwencyjnych (sterowanych ciśnieniem) oraz zaworów czasowych. Technika proporcjonalna i pozycjonowanie: Uruchamia i reguluje zaawansowane układy z elementami techniki proporcjonalnej (zawory proporcjonalne, serwozawory). Uruchamia i synchronizuje układy elektropneumatyczne/elektrohydrauliczne sterowane z poziomu sterownika PLC lub układów przekaźnikowych. Dokonuje regulacji pozycji czujników pola magnetycznego (kontaktronów) na profilu siłownika. Analiza DTR i optymalizacja: Wykorzystuje Dokumentację Techniczno-Ruchową (DTR) i specyfikacje katalogowe do optymalizacji parametrów układu (np. minimalizacja zużycia medium, uzyskanie maksymalnej płynności ruchu, eliminacja drgań i szarpnięć tłoczyska). Kompleksowa diagnostyka i usuwanie awarii: Lokalizuje i usuwa złożone, ukryte awarie powstałe podczas rozruchu układu (np. nieszczelności wewnętrzne siłowników, zablokowanie suwaków zaworów, stany nieustalone spowodowane taktami kolizyjnymi, błędne dławienie, uszkodzenia cewek elektrozaworów). Przeprowadza diagnostykę z użyciem pomiarów ciśnienia i przepływu w punktach testowych, sporządzając profesjonalne raporty i protokoły odbiorcze.

Treści nauczania

- **Realizacja układów sterowania:** Budowa układów czysto pneumatycznych/hydraulicznych (sterowanie bezpośrednie i pośrednie, realizacja funkcji logiki płynowej AND/OR); montaż i podłączenie układów elektropneumatycznych i elektrohydraulicznych ze sterowaniem przekaźnikowym oraz sterowaniem z poziomu PLC; realizacja sekwencji ruchów siłowników (np. A+ B+ A- B-).

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie potrafi uruchomić prostego układu z siłownikiem jednostronnego działania.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń potrafi z pomocą nauczyciela lub na podstawie szczegółowej instrukcji wykonać proste, powtarzalne czynności rozruchowe. Zna podstawowe pojęcia i elementy. Procedury rozruchowe:
 - Z pomocą instrukcji włącza i wyłącza zasilanie układów płynowych (uruchomienie kompresora/pompy, otwarcie zaworu głównego). Regulacja podstawowa: Z pomocą nauczyciela potrafi zmienić nastawę ciśnienia na zaworze redukcyjnym i odczytać pełne wartości w barach z manometru. Elementy układu: Rozpoznaje na stanowisku i na schemacie podstawowe elementy wykonawcze (siłownik jednostronnego i dwustronnego działania) oraz sterujące (zawór rozdzielający). BHP: Rozumie zagrożenia wynikające z pracy z mediami pod wysokim ciśnieniem. Pamięta o konieczności odcięcia zasilania przed modyfikacją połączeń. Buduje i uruchamia układ sterowania bezpośredniego siłownikiem z pomocą nauczyciela.
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie wykonuje typowe, proste zadania według instrukcji technologicznej lub laboratoryjnej. Poprawnie posługuje się standardową aparaturą kontrolną. Uruchamianie: Samodzielnie i bezpiecznie przygotowuje układ płynowy do rozruchu.

Weryfikuje stan przewodów wtykowych pod kątem zagięć, skręceń i prawidłowości wpięcia w szybkozłączki. Regulacja ciśnienia i prędkości: Samodzielnie nastawia wymagane ciśnienie robocze na stacji przygotowania powietrza (np. 6 bar). Wykonuje regulację prędkości ruchu tłoczyska siłownika za pomocą zaworów dławiąco-zwrotnych (rozdziela dławienie na docięcie i wylocie). Oznaczenia i jednostki: Prawidłowo posługuje się jednostkami ciśnienia i przepływu (bar, Pa, MPa, l/min). Odczytuje parametry z tabliczek znamionowych elementów pneumatycznych/hydraulicznych. Dokumentowanie: Prawidłowo i czytelnie uzupełnia eksploatacyjne karty kontrolne, wpisując nastawy i uzyskane parametry pracy układu. Buduje układy elektropneumatyczne/elektrohydrauliczne realizujące zadane funkcje logiczne (AND/OR) oraz sekwencję (np. A+ B+).

- **Dobry (4):** Uczeń dobrze opanował materiał. Samodzielnie analizuje schematy ideowe, dobiera metody regulacji parametrów dynamicznych i sprawnie lokalizuje typowe błędy montażowe. Uruchamianie układów złożonych: Samodzielnie uruchamia układy wielosiłownikowe i reguluje momenty przełączania zaworów kierunkowych. Regulacja zaawansowana: Prawidłowo konfiguruje i reguluje parametry pracy układów z wykorzystaniem zaworów logicznych (AND, OR) oraz zaworów szybkiego spustu. Integracja z elektrotechniką: Uruchamia i reguluje układy elektropneumatyczne/elektrohydrauliczne. Dokonuje precyzyjnej regulacji położenia czujników pola magnetycznego (kontaktronów) na profilu siłownika w celu zapewnienia płynności cyklu. Diagnostyka: Sprawnie lokalizuje i usuwa typowe usterki montażowe (np. błędnie podłączone drogi zaworu, nieszczelności na szybkozłączkach, zablokowanie suwaka zaworu przez zanieczyszczenia). Analiza danych: Wykorzystuje dokumentację techniczno-ruchową (DTR) do weryfikacji poprawności nastaw i parametrów pracy elementów układu płynowego. Realizuje złożone sekwencje ruchów (A+ B+ A- B-) ze sterowaniem przekaźnikowym lub z poziomu sterownika PLC.
- **Bardzo dobry (5):** Uczeń wykazuje pełne, przygotowanie. Pracuje całkowicie samodzielnie, optymalizuje procesy dynamiczne, wdraża procedury bezpieczeństwa i lokalizuje złożone usterki interdyscyplinarne. Uruchamianie sekwencyjne: Samodzielnie uruchamia i synchronizuje złożone układy płynowe realizujące zadany cyklogram pracy (np. sekwencje typu (A+ B+ A- B-), kontrolując poprawność działania elementów sygnałowych pod obciążeniem. Technika proporcjonalna i automatyzacja: Uruchamia, reguluje i kalibruje układy z elementami techniki proporcjonalnej (zawory proporcjonalne, serwozawory). Uruchamia i synchronizuje układy płynowe sterowane z poziomu sterownika PLC. Optymalizacja procesu: Wykorzystuje specyfikacje katalogowe do optymalizacji parametrów układu płynowego (np. minimalizacja zużycia sprężonego powietrza/oleju, uzyskanie optymalnej płynności ruchu, eliminacja drgań i szarpnięć tłoczyska). Kompleksowa diagnostyka usterek: Lokalizuje ukryte, złożone awarie o charakterze rozproszonym (elektro-pneumatyczno-programowym). Przeprowadza diagnostykę z użyciem pomiarów ciśnienia i przepływu w punktach testowych. Raportowanie: Samodzielnie sporządza oficjalne protokoły pomiarowo-odbiorcze i raporty z uruchomienia układów płynowych, formułując profesjonalne zalecenia eksploatacyjn. Przeprowadza optymalizację prędkości i siły elementów wykonawczych; płynnie reguluje układy z zaworami proporcjonalnymi.
- **Celujący (6):** Uczeń znacznie wykracza poza ramy programu nauczania technikum. Wykazuje się innowacyjnością, samodzielnie wdraża nowoczesne strategie sterowania i regulacji układów płynowych oraz łączy je z technologiami IT. Zaawansowane pozycjonowanie: Projektuje i buduje skomputeryzowane lub sterowane z PLC stanowiska płynowe realizujące zaawansowane algorytmy ciągłego pozycjonowania siłowników z wykorzystaniem cyfrowych linii pomiarowych i zaworów proporcjonalnych. Monitorowanie nadrzędne: Integruje układy płynowe z systemami monitoringu mediów roboczych (np. ciągły pomiar zużycia sprężonego powietrza, wykrywanie mikronieszczelności za pomocą algorytmów analitycznych w systemach SCADA). Projekty autorskie: Tworzy zaawansowane instrukcje stanowiskowe, buduje stanowiska dydaktyczne wprowadzające awarie do układów hydraulicznych/pneumatycznych. Postawa lidera: Pełni rolę lidera podczas zajęć laboratoryjnych. Uruchamia i reguluje elektrohydrauliczny układ zamknięty z regulacją zmiennego obciążenia.

Dział 3: Konserwacja i diagnostyka układów płynowych (ELM.03.5)

- **Wymagania podstawowe:** Obejmują podstawową wiedzę teoretyczną, znajomość typowych objawów zużycia oraz proste, powtarzalne czynności konserwacyjne i diagnostyczne wykonywane na elementach pneumatycznych i hydraulicznych według instrukcji. Przeglądy i kontrola wizualna: Uczeń przeprowadza rutynowe oględziny zewnętrzne układu płynowego. Wykrywa ewidentne usterki (nieszczelności zewnętrzne, wycieki oleju, przetarte lub załamane przewody elastyczne, poluzowane mocowania siłowników). Rutynowa konserwacja: Wykonuje podstawowe czynności konserwacyjne przewidziane w harmonogramie: wymienia wkład filtra powietrza, uzupełnia olej w smarownicy pneumatycznej, opróżnia kondensat (wodę) ze zbiornika filtra stacji FRL, smaruje prowadnice mechaniczne współpracujące z siłownikami. Pomiar kontrolny: Za pomocą wbudowanych przyrządów (manometrów) sprawdza parametry zasilania i pracy (np. weryfikacja, czy ciśnienie robocze utrzymuje się na stałym poziomie 6 bar). Zasady bezpieczeństwa (BHP): Ściśle przestrzega zasad BHP podczas prac konserwacyjnych. Pamięta o bezwzględnym odcięciu zasilania (elektrycznego i płynowego) oraz odpowietrzeniu / odolejeniu układu przed przystąpieniem do wymiany podzespołów. Dokumentowanie: Prawdopodobnie odczytuje podstawowe parametry z kart katalogowych i czytelnie uzupełnia standardowe karty przeglądów okresowy
- **Wymagania ponadpodstawowe:** Obejmują umiejętności lokalizowania ukrytych awarii o charakterze rozproszonym, zaawansowane testy diagnostyczne z użyciem aparatury pomiarowej, oraz analizę zużycia na podstawie dokumentacji technicznej (DTR). Zaawansowana diagnostyka usterkowa: Lokalizuje ukryte, złożone awarie powstałe w trakcie eksploatacji układu płynowego. Rozpoznaje i diagnozuje problemy takie jak: nieszczelności wewnętrzne siłownika (przepuszczanie uszczelnienia tłoka), zużycie gładzi cylindra, zablokowanie suwaka zaworu rozdzielającego przez zanieczyszczenia, spadek sprawności pompy hydraulicznej / kompresora. Diagnostyka interdyscyplinarna (Elektropneumatyka): Sprawnie lokalizuje awarie na styku techniki płynowej, elektrycznej i programowej. Za pomocą multimetru i bufora diagnostycznego PLC potrafi określić, czy brak ruchu siłownika wynika z usterki mechanicznej, braku ciśnienia, uszkodzenia cewki elektrozaworu, czy wadliwego działania czujnika położenia tłoka (kontaktronu). Pomiar specjalistyczny: Przeprowadza diagnostykę z użyciem zewnętrznych przyrządów pomiarowych, wykonując pomiary spadków ciśnień oraz natężenia przepływu medium roboczego w punktach testowych układu w celu określenia stopnia zużycia komponentów. Analiza DTR i plany konserwacji: Samodzielnie analizuje i interpretuje Dokumentację Techniczno-Ruchową (DTR) maszyn mechatronicznych. Na jej podstawie optymalizuje harmonogramy przeglądów prewencyjnych, dobiera odpowiednie oleje hydrauliczne/środki smarne o właściwej lepkości oraz zamienniki uszczelnień. Regeneracja i naprawa: Przeprowadza bezpieczny demontaż, wymianę zestawów naprawczych (uszczelnień, oringów) oraz ponowny montaż i regulację siłowników lub zaworów. Raportowanie: Samodzielnie sporządza protokoły poawaryjne / raporty diagnostyczne, precyzyjnie opisując przyczyny usterek, podjęte działania naprawcze oraz formułując zalecenia dotyczące dalszej bezpiecznej eksploatacji układu.

Treści nauczania

- **Prace serwisowe i diagnostyczne:** Identyfikacja nieszczelności i spadków ciśnienia (za pomocą manometrów i detektorów nieszczelności); sprawdzanie i regulacja ciśnienia roboczego; kontrola stopnia zanieczyszczenia i wymiana oleju hydraulicznego oraz filtrów; spuszczenie kondensatu z układów pneumatycznych; wymiana uszczelnień (O-ringi, uszczelnienia wargowe).

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie reaguje na wycieki oleju lub intensywne przedmuchy powietrza w układzie.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń potrafi z pomocą nauczyciela lub na podstawie szczegółowej instrukcji wykonać proste, powtarzalne czynności przeglądowe i konserwacyjne.

Diagnostyka i przeglądy: Z pomocą instrukcji przeprowadza podstawowe oględziny zewnętrzne układu. Wskazuje ewidentne, widoczne uszkodzenia mechaniczne (np. pęknięty lub załamany wąż, głośny wyciek powietrza, plama oleju pod siłownikiem). Konserwacja: Wykonuje proste czynności czyszczące i pielęgnacyjne pod okiem nauczyciela (np. wycieranie zabrudzeń z tłoczyska siłownika, usuwanie kurzu z obudowy zaworów). Elementy i parametry: Rozpoznaje podstawowe elementy układu na stanowisku i potrafi odczytać wartość ciśnienia z manometru głównego. BHP: Zna podstawowe zasady bezpiecznej pracy z mediami pod ciśnieniem. Wie, że przed przystąpieniem do prac należy bezwzględnie odłączyć zasilanie i odpowietrzyć układ. Wskazuje miejsce nieszczelności w układzie pneumatycznym z pomocą nauczyciela.

- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie wykonuje typowe, proste zadania według instrukcji technologicznej lub harmonogramu przeglądów. Poprawnie posługuje się standardową aparaturą kontrolną. Diagnostyka: Samodzielnie przeprowadza rutynowy przegląd okresowy na podstawie karty kontrolnej. Lokalizuje miejsca nieszczelności zewnętrznych na złączkach przewodów wtykowych. Konserwacja: Wykonuje podstawowe, powtarzalne czynności serwisowe przewidziane w harmonogramie stacji przygotowania powietrza: wymienia wkład filtra powietrza, uzupełnia olej w smarownicy, opróżnia kondensat (wodę) ze zbiornika filtra. Obsługa techniczna: Wykonuje rutynowe smarowanie przewodnic mechanicznych współpracujących z siłownikami. Prawidłowo odczytuje parametry techniczne z tabliczek znamionowych elementów. Dokumentowanie: Prawidłowo i czytelnie uzupełnia eksploatacyjne karty kontrolne, wpisując stan techniczny sprawdzanych podzespołów. Lokalizuje spadki ciśnienia za pomocą manometrów i detektorów; wymienia uszczelnienia (O-ringi) oraz wkłady filtrów.
- **Dobry (4):** Uczeń dobrze opanował materiał. Samodzielnie analizuje schematy, dobiera metody weryfikacji stanu podzespołów i sprawnie lokalizuje typowe awarie eksploatacyjne. Diagnostyka usterkowa: Samodzielnie lokalizuje i identyfikuje typowe, jawne awarie (np. zablokowanie suwaka zaworu rozdzielającego przez zanieczyszczenie, uszkodzenie cewki elektrozaworu, błędnie wyregulowany zawór dławiący). Diagnostyka elektropneumatyczna: Sprawnie lokalizuje usterki na styku elektryki i pneumatyki. Za pomocą multimetru potrafi sprawdzić, czy brak ruchu siłownika wynika z braku sygnału sterującego na cewce zaworu, czy z blokady mechanicznej. Konserwacja i regulacja: Dokonuje kontroli i regulacji naciągu elementów współpracujących, sprawdza stan zużycia uszczelnień zewnętrznych. Analiza dokumentacji: Efektywnie wykorzystuje dokumentację techniczno-ruchową (DTR) w celu weryfikacji poprawności parametrów pracy elementów układu płynowego. Mierzy stopień zanieczyszczenia oleju hydraulicznego; spuszcza kondensat.
- **Bardzo dobry (5):** Uczeń wykazuje pełne, przygotowanie. Pracuje całkowicie samodzielnie, lokalizuje złożone usterki interdyscyplinarne, dokonuje regeneracji podzespołów i sporządza raporty poawaryjne. Złożona diagnostyka usterkowa: Lokalizuje ukryte, i rozproszone awarie (elektro-pneumatyczno-programowe). Rozpoznaje i diagnozuje usterki wewnętrzne, takie jak: przepuszczanie uszczelnienia tłoka wewnątrz cylindra (nieszczelność wewnętrzna siłownika), zużycie gładzi cylindra czy spadek sprawności pompy/kompresora. Pomiary specjalistyczne: Przeprowadza diagnostykę z użyciem zewnętrznych przyrządów pomiarowych, wykonując pomiary spadków ciśnień oraz natężenia przepływu medium w punktach testowych obwodu. Regeneracja i naprawa: Przeprowadza bezpieczny demontaż, wymianę zestawów naprawczych (uszczeltek, oringów) oraz ponowny montaż i regulację parametrów pracy siłowników lub zaworów. Strategia eksploatacji i BHP: Na podstawie analizy DTR optymalizuje plany przeglądów prewencyjnych, dobiera odpowiednie oleje/środki smarne o właściwej lepkości oraz zamienniki części. Raportowanie: Samodzielnie sporządza protokoły poawaryjne i raporty diagnostyczne, precyzyjnie opisując przyczyny usterki i formułując zalecenia eksploatacyjne. Diagnozuje uszkodzenia zaworów, pomp i akumulatorów ciśnieniowych; przeprowadza regenerację elementów płynowych.
- **Celujący (6):** Uczeń znacznie wykracza poza ramy programu nauczania technikum. Wykazuje się wysoką innowacyjnością, samodzielnie wdraża nowoczesne strategie utrzymania ruchu i diagnostyki oraz łączy je z zaawansowanymi technologiami IT. Projektuje i buduje skomputeryzowane systemy diagnostyczne (np. ciągły monitoring drgań i temperatury węzłów łożyskowych za pomocą czujników z interfejsem IO-Link, zintegrowany ze sterownikiem PLC lub aplikacją SCADA) w celu prognozowania awarii przed ich wystąpieniem.

Monitorowanie nadrzędne mediów: Integruje układy pływowe z cyfrowymi systemami monitoringu (np. implementuje czujniki przepływu i ciśnienia w celu ciągłej analizy zużycia sprężonego powietrza i automatycznego wykrywania mikronieszczelności za pomocą algorytmów w systemie SCADA). Projekty autorskie: Tworzy instrukcje stanowiskowe, buduje stanowiska dydaktyczne wprowadzające ukryte błędy i awarie dla innych uczniów. Postawa liderska: Pełni rolę lidera podczas zajęć, bezbłędnie koordynując pracami kolegów w grupie.

PRZEDMIOT 10: PRACOWNIA EKSPLOATACJI I PROGRAMOWANIA URZĄDZEŃ I SYSTEMÓW MECHATRONICZNYCH (ELM.06)

Dział 1: Eksploatacja urządzeń i systemów mechatronicznych (ELM.06.2)

- **Wymagania podstawowe:** Obejmują kluczowe pojęcia, podstawową konfigurację sprzętowo-sieciową, odwzorowywanie logiki w prostych językach PLC oraz podstawowe pomiary diagnostyczne i obsługę urządzeń wykonawczych według ścisłych instrukcji. Konfiguracja sprzętowa i komunikacja: Uczeń zna budowę i właściwości sterownika SIMATIC S7-1200 oraz stanowiska egzaminacyjnego ELM.06. Łączy sterownik z komputerem za pomocą oprogramowania TIA Portal V13. Dodaje sterownik do projektu i dopasowuje adresy IP PC i PLC tak, aby znajdowały się w tej samej podsieci. Podstawy programowania (IEC 61131-3): Rozróżnia i potrafi pisać proste aplikacje w językach: schematu drabinowego (LAD), bloku funkcyjnego (FBD) oraz tekstu ustrukturyzowanego (ST / SCL). Zmienne, timery i liczniki: Konfiguruje podstawowe operacje logiczne i typy zmiennych (BOOL, INT, REAL). Poprawnie stosuje w kodzie pojedyncze timery (TON, TOF, TP) oraz liczniki (CTU, CTD, CTUD). Struktura programu: Rozróżnia i potrafi utworzyć podstawowe bloki programu: organizacyjne (OB), funkcje (FC) oraz bloki danych (DB). Sterowanie sekwencyjne i pneumatyka: Tworzy prosty graf w SFC oraz pisze kod źródłowy w języku LAD na podstawie prostych cyklogramów, realizując sterowanie układami elektropneumatycznymi na stanowisku. Interfejsy HMI: Dodaje panel dotykowy HMI do projektu, tworzy podstawową bazę zmiennych (HMI Tags) i przypisuje je do elementów graficznych (przyciski, proste pola wyświetlania danych). Napędy płynowe i falowniki: Rozpoznaje falowniki (przetwornice częstotliwości) oraz silniki indukcyjne AC. Zna rolę rampy rozruchu/hamowania i potrafi wprowadzić podstawowe parametry silnika do falownika z poziomu panelu. Podstawowa diagnostyka elektryczna: Przestrzega zasad BHP i procedur egzaminacyjnych. Za pomocą multimetru wykonuje podstawowe pomiary napięcia (np. 24V DC) oraz pomiary rezystancji w wybranych punktach sterowania elektrycznego w celu wykrycia jawnych przerw.
- **Wymagania ponadpodstawowe:** Obejmują zaawansowane programowanie strukturalne, implementację metod optymalizacji kodu, zaawansowane przetwarzanie analogowe i automatyczną regulację, projektowanie systemów SCADA, kompleksową parametryzację systemów napędowych oraz, samodzielną diagnostykę błędów. Metodyka pisania kodu i wnioski z autopsji: Potrafi pisać kod źródłowy w LAD dwiema metodami: „z dołu do góry” oraz „z góry do dołu”. Na podstawie wniosków z autopsji wskazuje różnice, wady, zalety obu podejść i dobiera optymalną metodę do specyfiki zadania egzaminacyjnego. Zaawansowana strukturyzacja programu: Tworzy zaawansowane programy strukturalne z podziałem na bloki funkcyjne (FB) i powiązane z nimi bloki danych instancji (Instance DB). Zna różnice w pamięci między FB a FC. Píše logiczny kod w języku SCL/ST z użyciem zaawansowanych instrukcji warunkowych (IF...THEN...ELSE). Obsługa sygnałów analogowych i PID: Rozumie proces przetwarzania analogowego. Projektowanie HMI i SCADA. Konfiguruje pola wprowadzania/wyświetlania danych (I/O), systemy alarmów, trendy wartości zmiennych w czasie rzeczywistym oraz systemy bezpieczeństwa – konta dostępu i zabezpieczenia hasłami (User Administration). Zaawansowane programowanie napędów: Konfiguruje i parametryzuje falowniki do zaawansowanej regulacji prędkości silników indukcyjnych AC. Konfiguruje i programuje moduły sterowania silnikami krokowymi i serwonapędami za pomocą wyjść impulsowych PTO/PWM lub przemysłowych magistral komunikacyjnych. Kompleksowa diagnostyka i usuwanie błędów:

Wykazuje pełną samodzielność podczas diagnostyki stanowiska egzaminacyjnego ELM.06 w czasie przewidzianym procedurami. Wykorzystuje bufor diagnostyczny TIA Portal do lokalizacji błędów programowych i wykonania cyklu. Wykonuje zaawansowane pomiary rezystancji (np. cewek, ciągłości pętli) i napięć w punktach węzłowych sterowania, bezbłędnie lokalizując i usuwając ukryte usterki elektryczne, pneumatyczne oraz programowe.

Treści nauczania

- **Obsługa i sterowanie procesem:** Praca z urządzeniem w trybach sterowania: MANUAL (JOG / krok po kroku), AUTO (praca automatyczna), HOME (bazowanie osi) oraz ESTOP (zatrzymanie awaryjne).
- **Zarządzanie oprogramowaniem i archiwizacja:** Obsługa oprogramowania inżynierskiego (np. Siemens TIA Portal, GX Works, CX-One); wykonywanie kopii zapasowej oprogramowania PLC/HMI (upload z kontrolera); wgrywanie programu do pamięci sterownika (download); aktualizacja oprogramowania układowego (firmware); odczyt i analiza rejestru błędów i systemowych pętli diagnostycznych.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie potrafi przełączyć urządzenia w tryb pracy automatycznej ani wykonać bazowania.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń potrafi z pomocą nauczyciela lub na podstawie szczegółowej instrukcji wykonać podstawowe czynności sprzętowe oraz proste operacje programistyczne w środowisku TIA Portal V13. Konfiguracja sprzętowa: Identyfikuje sterownik SIMATIC S7-1200 oraz elementy stanowiska egzaminacyjnego ELM.06. Potrafi połączyć sterownik z komputerem i dodać go do nowego projektu. Podstawy programowania: Rozróżnia podstawowe języki programowania PLC (LAD, FBD, ST/SCL). Potrafi przepisać prosty, gotowy kod w języku drabinkowym (LAD). Zmienne i funkcje logiczne: Rozróżnia podstawowe typy zmiennych (BOOL, INT) i potrafi z pomocą instrukcji zaprogramować proste operacje logiczne AND/OR. Układy pływowe i napędy: Wskazuje na stanowisku falownik (przetwornicę częstotliwości) oraz zawory elektropneumatyczne. Wie, do czego służą. BHP i diagnostyka: Przestrzega podstawowych zasad BHP na stanowisku egzaminacyjnym. Z pomocą nauczyciela potrafi zmierzyć napięcie zasilania multimetrem. Wybiera podstawowe tryby pracy (MANUAL, AUTO) na panelu operacyjnym z pomocą.
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie wykonuje typowe, proste zadania konfiguracji i programowania według dokładnej instrukcji technologicznej lub arkusza egzaminacyjnego. Konfiguracja sieciowa: Samodzielnie ustawia poprawny adres IP sterownika S7-1200 w programie TIA Portal V13, dbając o to, by komputer i PLC znajdowały się w tej samej podsieci. Timery i liczniki: Poprawnie konfiguruje i stosuje w kodzie programowym podstawowe timery (TON, TOF, TP) oraz liczniki (CTU, CTD). Struktura programu: Rozróżnia i potrafi utworzyć w projekcie podstawowe bloki: organizacyjne (OB), funkcje (FC) oraz bloki danych (DB). Sterowanie sekwencyjne: Tworzy prosty graf w systemie SFC (graf sekwencji) oraz przekłada go na podstawowy kod w języku LAD na podstawie prostych cyklogramów. Projektowanie HMI: Dodaje panel dotykowy HMI do projektu TIA Portal, tworzy bazę zmiennych (HMI Tags) i przypisuje je do podstawowych elementów graficznych (przyciski, kontrolki). Parametryzacja napędów: Zna rolę rampy rozruchu (ramp up) oraz hamowania w falowniku. Potrafi wprowadzić podstawowe parametry silnika indukcyjnego AC z poziomu panelu falownika. Diagnostyka elektryczna: Samodzielnie i bezpiecznie wykonuje pomiary napięcia stałego (24V DC) multimetrem w wybranych punktach sterowania elektrycznego w celu wykrycia jawnych przerw w obwodzie. Przeprowadza procedurę bazowania (HOME) oraz zatrzymania awaryjnego (ESTOP); wykonuje kopię zapasową (backup) programu z PLC.
- **Dobry (4):** Uczeń dobrze opanował materiał. Samodzielnie analizuje zadania problemowe, tworzy programy strukturalne, stosuje zaawansowane metody programowania LAD i poprawnie projektuje ekrany HMI. Metodyka programowania LAD: Potrafi napisać kod źródłowy w języku LAD dwiema metodami: „z dołu do góry” oraz „z góry do dołu”. Na podstawie wniosków z autopsji potrafi wskazać podstawowe różnice, wady i zalety obu podejść. Zaawansowana struktura kodu:

Projektuje programy strukturalne przy użyciu bloków funkcyjnych (FB) i powiązanych z nimi dedykowanych bloków danych instancji (Instance DB). Píše programy z wykorzystaniem zmiennych zmiennoprzecinkowych (REAL). Język ST/SCL: Píše poprawny i czytelny kod źródłowy w języku tekstu ustrukturyzowanego (SCL/ST) z wykorzystaniem podstawowych instrukcji warunkowych (IF...THEN...ELSE). Obsługa sygnałów analogowych: Rozumie zasadę przetwarzania analogowego. Potrafi poprawnie zaimplementować i skonfigurować parę bloków NORM_X oraz SCALE_X do normalizacji i skalowania sygnałów wejściowych/wyjściowych. Projektowanie interfejsów HMI/SCADA: Projektuje kompletne ekrany synoptyczne na panelach dotykowych. Konfiguruje pola wprowadzania/wyświetlania danych (I/O) oraz podstawowe alarmy bieżące. Diagnostyka i pomiary: Sprawnie wykonuje pomiary napięcia i rezystancji na zaciskach cewek przekaźników i elektrozaworów w celu wykrycia usterek. Wykorzystuje podstawowe narzędzia diagnostyczne TIA Portal online do podglądu stanu zmiennych. Wykonuje wgrywanie oprogramowania (download/upload), aktualizację oprogramowania układowego (firmware) oraz analizę rejestru błędów.

- **Bardzo dobry (5):** Uczeń wykazuje pełne, przygotowanie do egzaminu zawodowego ELM.06. Pracuje całkowicie samodzielnie w czasie przewidzianym procedurami, optymalizuje kody i zaawansowane układy regulacyjno-napędowe. Regulacja ciągła (PID): Samodzielnie implementuje i parametryzuje bloki regulacji ciągłej PID_Compact w programie TIA Portal V13. Przeprowadza proces automatycznego strojenia (Tuning – wstępnego lub precyzyjnego) na fizycznym obiekcie lub symulatorze. Programowanie zaawansowane napędów: Konfiguruje i parametryzuje zaawansowane moduły sterowania silnikami krokowymi i serwonapędami za pomocą wyjść impulsowych PTO/PWM lub magistrali komunikacyjnej. Zaawansowane funkcje HMI/SCADA: Konfiguruje na panelu operatorskim systemy alarmów, trendy wartości zmiennych w czasie rzeczywistym oraz konta dostępu użytkowników zabezpieczone hasłami (User Administration). Kompleksowa diagnostyka i usuwanie błędów: Samodzielnie i bezbłędnie lokalizuje oraz usuwa złożone, ukryte usterki elektryczne, pneumatyczne oraz programowe na stanowisku egzaminacyjnym. Wykorzystuje bufor diagnostyczny TIA Portal do wykrywania błędów wykonania cyklu procesora. Przeprowadza zaawansowane pomiary rezystancji i ciągłości obwodów bez zasilania. Prowadzi pełną diagnostykę systemową sterownika, modułów I/O i napędów po awarii z poziomu środowiska.
- **Celujący (6):** Uczeń znacznie wykracza poza standardowy program nauczania technikum i wymagania egzaminu ELM.06. Wykazuje się innowacyjnością, myśleniem projektowym i liderskim. Tworzy uniwersalne, zoptymalizowane biblioteki bloków funkcyjnych (FB/FC) wielokrotnego użytku, łącząc zaawansowaną logikę graficzną LAD z wydajnymi skryptami tekstowymi SCL/ST. Projektuje aplikacje HMI/SCADA o zaawansowanej estetyce wizualnej, wprowadzając dynamiczne animacje stanów maszyn. Potrafi zintegrować sterownik PLC z napędami i inteligentnymi czujnikami poprzez zaawansowane protokoły przemysłowe (np. Profinet, Modbus TCP, IO-Link). Wykazuje postawę liderską, zespołu uczniowskiego na pracowni i bezbłędnie asystuje innym uczniom w rozwiązywaniu skomplikowanych problemów programistycznych i diagnostycznych. Przywraca do pełnej sprawności sterownik PLC/HMI po całkowitym uszkodzeniu pamięci i odtwarza konfigurację sprzętową bez gotowej dokumentacji.

Dział 2: Dokumentacja CAD/EPLAN (ELM.06.3)

- **Wymagania podstawowe:** Obejmują podstawową wiedzę teoretyczną, znajomość normatywnych symboli oraz elementarne umiejętności poruszania się w programach w celu czytania, modyfikowania i tworzenia prostej dokumentacji technicznej. Pojęcia podstawowe: Uczeń definiuje pojęcia: komputerowe wspomaganie projektowania (CAD), elektryczna dokumentacja techniczna, schemat ideowy, montażowy, zestawienie materiałów. Znajomość norm i symboli:

Rozpoznaje i prawidłowo interpretuje standardowe symbole graficzne komponentów elektrycznych, elektronicznych i mechatronicznych (np. styczniki, przekaźniki, silniki, zabezpieczenia, sterowniki PLC, czujniki) zgodnie z normami PN-EN. Obsługa interfejsu (EPLAN/CAD): Sprawnie porusza się po interfejsie programu.

Potrafi utworzyć nowy projekt, dodać strony o odpowiednim typie (np. schemat wielokreskowy) oraz dobrać tabliczkę rysunkową. Wprowadzanie elementów: Korzysta z bibliotek symboli i potrafi wstawić do projektu podstawowe aparaty elektryczne oraz połączyć je liniami potencjałów. Identyfikacja i oznaczenia: Prawidłowo odczytuje. Eksport dokumentacji: Potrafi zapisać gotowy projekt do formatu uniwersalnego (np. wydruk do pliku PDF) oraz przygotować dokumentację do wydruku papierowego.

- **Wymagania ponadpodstawowe:** Obejmują umiejętności samodzielnego projektowania systemów mechatronicznych, automatyczne generowanie raportów, zarządzanie bazami danych artykułów, tworzenie makr oraz analizę i lokalizację błędów w dokumentacji wielostronicowej. Projektowanie zaawansowane: Samodzielnie projektuje wielostronicowe schematy elektryczne i elektropneumatyczne dla szaf sterowniczych maszyn mechatronicznych z uwzględnieniem obwodów zasilania, sterowania (PLC), bezpieczeństwa oraz wykonawczych. Zarządzanie połączeniami i zaciskami: Prawidłowo projektuje logiczne struktury listew zaciskowych oraz kabli. Definiuje właściwości połączeń (przekrój, kolor, przeznaczenie przewodu). Odsyłacze i powiązania: Swobodnie posługuje się i zarządza automatycznymi odsyłaczami krzyżowymi (np. powiązanie cewki stycznika z jego stykami pomocniczymi na innych stronach projektu lub odsyłacze potencjałowe między stronami). Automatyczne generowanie raportów: Wykorzystuje zaawansowane funkcje oprogramowania EPLAN do automatycznego generowania zestawień: materiałowych, listew zaciskowych, spisu kabli oraz planu spisu stron projektu. Bazy danych i makra aparatów: Samodzielnie zarządza bazą danych artykułów (parowanie symbolu graficznego z rzeczywistym produktem producenta, np. Siemens, Festo). Tworzy i wykorzystuje makra okienkowe i symboli w celu przyspieszenia pracy projektowej. Weryfikacja i diagnostyka projektu: Przeprowadza automatyczne sprawdzanie projektu pod kątem błędów logicznych (np. zdublowane oznaczenia aparatów, niepodłączone wejścia/wyjścia, brak zasilania cewek). Analiza DTR: Na podstawie fizycznego stanowiska mechatronicznego lub Dokumentacji Techniczno-Ruchowej (DTR) potrafi odtworzyć (przerysować) schemat elektryczny w programie EPLAN.

Treści nauczania

- **Projektowanie schematów w oprogramowaniu ECAD:** Tworzenie wieloliniowych schematów elektrycznych, pneumatycznych i hydraulicznych w programach EPLAN Electric P8 lub QElectroTech/CAD; rysowanie symboli graficznych aparatów, czujników i wykonawców; generowanie zestawień materiałowych (BOM), list zacisków oraz połączeń kablowych.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie potrafi odczytać prostej ścieżki na schemacie w oprogramowaniu ECAD.
- **Dopuszczający (2):** Wstawia podstawowe symbole aparatów i czujników w programie QElectroTech lub EPLAN z pomocą.
- **Dostateczny (3):** Tworzy wieloliniowy schemat elektryczny lub pneumatyczny; dodaje klemowniki i oznaczniki aparatów.
- **Dobry (4):** Projektuje kompletny schemat sterowania z modułami PLC; generuje automatyczne zestawienia materiałowe (BOM) i listy połączeń.
- **Bardzo dobry (5):** Tworzy zaawansowaną dokumentację wielostronicową w EPLAN Electric P8 z własnymi makrami i strukturą projektową wg IEC 81346.
- **Celujący (6):** Opracowuje parametryczną bibliotekę symboli i makr 3D w oprogramowaniu ECAD dla nowej serii urządzeń.

Dział 3: Programowanie PLC, HMI i napędów (ELM.06.4)

Temat 1: Programowanie sterowników PLC w językach graficznych i tekstowych

- **Wymagania Podstawowe (WP):** Rozpoznawanie sterownika PLC i interpretowanie danych technicznych; rozróżnianie tekstowych i graficznych języków programowania; zapisywanie funkcji logicznych w programie; interpretowanie i stosowanie instrukcji czasowych (timery) i licznikowych (liczniki).
- **Wymagania Ponadpodstawowe (WPP):** Posługiwanie się zaawansowanym oprogramowaniem narzędziowym sterowników; programowanie sekwencyjne przy użyciu znormalizowanych struktur SFC oraz języka GRAFCET; testowanie i wgrywanie algorytmów do fizycznego sterownika PLC.

Treści nauczania

- **Programowanie sterowników PLC (zgodnie z normą IEC 61131-3):**
 - Tworzenie aplikacji w językach schematu drabinowego (**LAD**), bloku funkcyjnego (**FBD**) oraz tekstu ustrukturyzowanego (**ST / SCL**).
 - Zapoznanie z egzaminem zawodowym kwalifikacji ELM.06. Budowa i właściwości sterownika S7 1200. Zapoznanie z stanowiskiem egzaminacyjnym. Połączenie sterownika z komputerem w oparciu o program TIA Portal V13.
 - Dodanie sterownika do projektu. Ustawienie adresu IP. Pisanie kodu źródłowego na sterownik S7 1200 w programie TIA Portal V13.
 - Podstawowe funkcje w programie TIA Portal V13. Pisanie kodu źródłowego na sterownik S7 1200 w programie TIA Portal V13.
 - Pisanie kodu źródłowego w LAD z dołu do góry i na odwrót. Wskazanie różnic, wad, zalet. Wnioski z autopsji do pisanie kodu źródłowego.
 - Konfigurowanie operacji logicznych, zmiennych (boolowskich, całkowitych INT, zmiennoprzecinkowych REAL), timerów (TON, TOF, TP), liczników (CTU, CTD, CTUD).
 - Tworzenie programów strukturalnych: bloki organizacyjne (OB), funkcje (FC), bloki funkcyjne (FB), bloki danych (DB).
 - Tworzenie grafu w SFC oraz pisanie kodu źródłowego w LAD układu sterowania.
 - Tworzenie grafu w SFC oraz pisanie kodu źródłowego w LAD na podstawie cyklogramów.
 - Pisanie kodu źródłowego na podstawie GRAFU, cyklogramu w sterowaniu układów elektropneumatycznych na stanowisku. Pomiary rezystancji, napięcia w wybranych punktach sterowania elektrycznego. Diagnostyka i usuwanie błędów.
 - Pisanie kodu źródłowego na sterownik S7 1200 w programie TIA Portal V13 na
 - Pisanie kodu źródłowego w FBD, LAD, SFC.
 - Obsługa analogów: skalowanie i normalizacja sygnałów wejściowych/wyjściowych; implementacja i parametryzacja bloków regulacji PID (PID_Compact).
- **Projektowanie interfejsów HMI i SCADA:** Projektowanie ekranów synoptycznych na panelach dotykowych; tworzenie bazy zmiennych (HMI Tags); konfigurowanie elementów graficznych, przycisków, pól wprowadzania/wyświetlania danych, alarmów, trendów wartości zmiennych i kont dostępu (hasła).
- **Programowanie i parametryzacja napędów:** Parametryzacja falowników (przetwornic częstotliwości) do regulacji prędkości silników indukcyjnych AC; konfigurowanie modułów sterowania silnikami krokowymi i serwonapędami za pomocą wyjść impulsowych PTO/PWM lub magistrali komunikacyjnej.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie potrafi utworzyć nowego projektu w środowisku programistycznym (np. TIA Portal). Uczeń nie potrafi skonfigurować komunikacji PC-PLC, pisze programy wywołujące błędy krytyczne procesora sterownika.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń potrafi wykonać proste zadania przy pomocy nauczyciela. Popołnia błędy, ale posiada podstawową wiedzę niezbędną do kontynuowania nauki. Teoria i sprzęt: Rozpoznaje sterownik S7-1200 oraz elementy stanowiska egzaminacyjnego. Wie, co oznacza skrót PLC i do czego służy norma IEC 61131-3. TIA Portal i komunikacja: Potrafi uruchomić oprogramowanie TIA Portal V13, dodać sterownik do projektu i odczytać jego adres IP. Programowanie: Rozróżnia podstawowe języki programowania (LAD, FBD, ST/SCL). Potrafi przepisać prosty, gotowy kod w języku drabinkowym (np. załączenie wyjścia przez jeden przycisk). Układy wykonawcze: Wie, do czego służy falownik (przetwornica częstotliwości) oraz zawór elektropneumatyczny. Pisze prosty program iloczynu/sumy logicznej w języku LAD/FBD na podstawie podanej specyfikacji. Uczeń nie potrafi skonfigurować komunikacji PC-PLC, pisze programy wywołujące błędy krytyczne procesora sterownika.
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie wykonuje typowe zadania o średnim stopniu złożoności. Zna podstawowe pojęcia i potrafi je zastosować w praktyce. Teoria i sprzęt: Samodzielnie łączy sterownik S7-1200 z komputerem i konfiguruje kartę sieciową PC w tej samej podsieci. Programowanie: Samodzielnie konfiguruje podstawowe typy zmiennych (BOOL, INT, REAL). Poprawnie stosuje w programie pojedyncze timery (TON, TOF, TP) oraz liczniki (CTU, CTD). Struktura programu: Rozróżnia i potrafi utworzyć podstawowe bloki: organizacyjne (OB), funkcje (FC) oraz bloki danych (DB). Praktyka i diagnostyka: Potrafi przenieść prosty graf SFC lub cyklogram na kod w języku LAD. Potrafi zmierzyć napięcie zasilania 24V DC na stanowisku za pomocą multimetru. HMI i Napędy: Potrafi dodać panel HMI do projektu, utworzyć proste zmienne (HMI Tags) i przypisać je do przycisku na ekranie. Zna rolę rampy rozruchu w falowniku. Tworzy aplikacje z użyciem timerów (TON, TOF), liczników (CTU) oraz operacji na zmiennych; projektuje prosty ekran HMI z przyciskami i podglądem stanu. Uczeń samodzielnie konfiguruje sprzętowo sterownik w programie, pisze i wgrywa kod realizujący rozruch silnika z opóźnieniem czasowym (TON).
- **Dobry (4):** Uczeń dobrze opanował materiał, potrafi samodzielnie rozwiązywać zadania problemowe, poprawnie wyciąga wnioski i sprawnie diagnozuje układ. Programowanie i Architektura: Tworzy zaawansowane programy strukturalne z podziałem na bloki FB (funkcyjne) i powiązane z nimi bloki danych instancji (Instance DB). Potrafi napisać logiczny kod w języku SCL/ST z użyciem instrukcji warunkowych (IF...THEN...ELSE). Metodyka LAD: Potrafi pisać kod w LAD metodą „z dołu do góry” oraz „z góry do dołu”. Wskazuje różnice, wady i zalety obu podejść oraz wyciąga wnioski z autopsji. Automatyzacja sekwencyjna: Samodzielnie i bezbłędnie przekłada złożone cyklogramy oraz grafy SFC na działający kod LAD sterujący układem elektropneumatycznym. Technika analogowa i regulacja: Rozumie proces przetwarzania analogowego. Potrafi poprawnie zaimplementować parę bloków NORM_X i SCALE_X do skalowania sygnałów wejściowych/wyjściowych. HMI / SCADA: Projektuje kompletny ekran synoptyczny: konfiguruje pola wprowadzania/wyświetlania danych (I/O Field), alarmy bieżące oraz trendy wartości zmiennych. Diagnostyka: Sprawnie posługuje się multimetrem. Wykonuje pomiary rezystancji i napięcia w wybranych punktach obwodu w celu wykrycia przerw lub zwarców. Wykorzystuje bufor diagnostyczny TIA Portal do lokalizacji błędów. Programuje strukturalnie (OB, FC, FB, DB) w języku LAD/SCL; skaluje sygnały analogowe; konfiguruje parametry falownika dla silnika AC. Uczeń tworzy program obsługi linii transportowej z zliczaniem przejeżdżających detali (licznik CTU) i sygnalizacją stanów alarmowych.
- **Bardzo dobry (5):** Uczeń w pełni opanował zakres materiału. Pracuje całkowicie samodzielnie, optymalizuje kod, bezbłędnie konfiguruje zaawansowane funkcje napędowe i regulacyjne. Regulacja PID: Samodzielnie implementuje i parametryzuje zaawansowany blok regulacji ciągłej PID_Compact. Przeprowadza proces automatycznego strojenia (Tuning) na obiekcie. Sterowanie zaawansowane napędów: Konfiguruje i parametryzuje falowniki do regulacji prędkości silników AC.

Potrafi skonfigurować moduły sterowania silnikami krokowymi lub serwonapędami za pomocą wyjść impulsowych PTO/PWM lub magistrali komunikacyjnej. Bezpieczeństwo i dostęp HMI: Wdraża system zarządzania użytkownikami na panelu HMI (User Administration), konfiguruje konta dostępu i zabezpieczenia hasłami. Kompleksowa Diagnostyka: Samodzielnie lokalizuje i usuwa złożone błędy programowe (np. błędy wykonania cyklu, konflikty zmiennych) oraz sprzętowo-elektryczne na stanowisku egzaminacyjnym ELM.06 w czasie przewidzianym procedurami egzaminacyjnymi. Implementuje bloki regulacji PID (PID_Compact); programuje serwonapędy/silniki krokowe przez PTO/PWM lub magistralę; konfiguruje alarmy i trendy na HMI. Uczeń samodzielnie programuje sekwencyjny proces technologiczny (np. pracę stacji sortującej) w języku SFC/GRAFCET na podstawie cyklogramu.

- **Celujący (6):** Uczeń wykracza poza standardowy program nauczania, wykazuje się szczególną samodzielnością i potrafi elastycznie łączyć wiedzę z różnych dziedzin (IT, elektryka, pneumatyka). Tworzy uniwersalne, zoptymalizowane biblioteki bloków funkcyjnych (FB/FC) wielokrotnego użytku, łącząc języki LAD i SCL. Projektuje aplikacje HMI/SCADA o wysokiej ergonomii i zaawansowanej estetyce wizualnej. Potrafi zintegrować sterownik PLC z napędami poprzez zaawansowane protokoły sieciowe (np. Profinet/Modbus TCP). Służy pomocą merytoryczną innym uczniom (w roli lidera zespołu) i bezbłędnie rozwiązuje zadania o stopniu trudności przewyższającym oficjalne arkusze egzaminacyjne ELM.06. Píše zaawansowany program sterowania złożonym procesem w języku SCL/ST z archiwizacją danych na karcie SD i serwerem Web. Uczeń samodzielnie programuje sekwencyjny proces technologiczny (np. pracę stacji sortującej) w języku SFC/GRAFCET na podstawie cyklogramu.

Temat 2: Integracja sterowników PLC z systemami wizualizacji HMI/SCADA i sieciami

- **Wymagania Podstawowe (WP):** Uczeń potrafi wykonać proste, typowe zadania na podstawie instrukcji, schematu lub pod okiem nauczyciela. Posiada wiedzę niezbędną do zdania egzaminu zawodowego w części podstawowej. Sterowniki PLC i Języki Programowania Podstawy: Identyfikuje moduły wchodzące w skład sterownika PLC (zasilacz, CPU, wejścia/wyjścia cyfrowe i analogowe). Adresowanie: Prawidłowo przypisuje adresy fizyczne wejść/wyjść cyfrowych (np. %I0.0, %Q0.0) zgodnie ze schematem elektrycznym. Język LAD (Drabinkowy): Tworzy proste programy logiczne w języku drabinkowym z wykorzystaniem podstawowych styków (NO, NC), cewek oraz markerów/pamięci wewnętrznej (M lub DB). Funkcje podstawowe: Implementuje w programie PLC podstawowe bloki czasowe (np. TON – opóźnione załączenie) oraz liczniki (CTU). Sieci Przemysłowe i Komunikacja Połączenie fizyczne: Potrafi fizycznie połączyć sterownik PLC, panel HMI oraz komputer PC za pomocą kabla Ethernet (RJ45). Adresacja IP: Samodzielnie konfiguruje stałe adresy IP w tej samej podsieci dla komputera, sterownika PLC oraz panelu HMI. Diagnostyka: Wykorzystuje systemowe polecenie ping do sprawdzenia dostępności urządzeń w sieci lokalnej. Systemy Wizualizacji HMI / SCADA Środowisko: Uruchamia oprogramowanie inżynierskie (np. TIA Portal / WinCC, FactoryTalk) i tworzy nowy projekt wizualizacji. Ekran podstawowy: Projektuje pojedynczy ekran synoptyczny i umieszcza na nim proste obiekty graficzne (przyciski, kontrolki świetlne, pola tekstowe). Zmienne (Tags): Powiązuje (mapuje) obiekt graficzny na ekranie HMI z jedną zmienną bitową w sterowniku PLC (np. przycisk HMI załącza marker/cewkę w PLC). Obsługa: Pobiera i wgrywa (download) gotowy projekt wizualizacji do panelu fizycznego lub uruchamia go w trybie symulacji Runtime na komputerze. Instalowanie oprogramowania do wizualizacji procesów mechatronicznych; scharakteryzowanie połączeń w sieciach lokalnych LAN - Ethernet oraz przemysłowych protokołach Profibus/Modbus; określanie mediów komunikacji.
- **Wymagania Ponadpodstawowe (WPP):** Uczeń wykazuje się pełną samodzielnością, potrafi logicznie łączyć wiedzę, samodzielnie diagnozować błędy transmisji oraz projektować zaawansowane aplikacje sterowania i monitoringu. Zaawansowane Programowanie PLC na potrzeby Wizualizacji. Strukturyzacja danych:

Tworzy i stosuje bloki danych (Data Blocks - DB) oraz struktury zmiennych w celu optymalnego transferu danych do systemów nadrzędnych. Przetwarzanie sygnałów: Programuje bloki skalowania sygnałów analogowych (np. odczyt temperatury czy ciśnienia) i przygotowuje dane liczbowe (typu REAL/INT) do wyświetlenia na panelu. Języki tekstowe: Potrafi pisać lub interpretować fragmenty kodu w języku tekstowym strukturalnym (ST / SCL), optymalizując operacje matematyczne. Zaawansowane Systemy HMI / SCADA. Animacje i Dynamizacja: Projektuje dynamiczne obiekty (np. zmiana koloru zbiornika w zależności od poziomu cieczy, animacja ruchu taśmociągu, niewidoczność elementów przy braku uprawnień). Wykresy i Trendy: Konfiguruje okna trendów (Trends) obrazujące zmiany parametrów procesowych (np. wykres temperatury w czasie) pobieranych na bieżąco z PLC. Alarmy i Zdarzenia: Tworzy system zgłaszania alarmów (aktywnych i archiwalnych) informujący operatora o przekroczeniu stanów krytycznych lub awarii linii. Bezpieczeństwo (User Administration): Implementuje poziomy dostępów dla użytkowników (np. Operator – tylko podgląd i start/stop, Administrator – zmiana nastaw czasowych i parametrów). Integracja Sieciowa i Protokoły Przemysłowe Protokoły komunikacyjne: Konfiguruje wymianę danych między dwoma niezależnymi sterownikami PLC (Master-Slave / Client-Server) za pomocą protokołów takich jak Profinet, Modbus TCP/RTU. Diagnostyka sieci: Samodzielnie diagnozuje przyczyny przerywania komunikacji sieciowej (np. konflikty adresów IP, błędna konfiguracja slotów/bajtów w mapie pamięci komunikacyjnej). Integracja systemowa (SCADA/MES): Łączy lokalne aplikacje PLC z nadrzędnym systemem SCADA na PC, konfiguruje sterowniki komunikacyjne (Drivers) dla zewnętrznych baz danych lub serwerów OPC. Projektowanie od zera: Samodzielnie projektuje architekturę sieciową i kompletny interfejs operatorski dla złożonej stacji dydaktycznej (np. automatyczny magazyn, stacja sortująca). Obsługa błędów: Implementuje w systemie SCADA zaawansowane procedury diagnostyczne informujące o konkretnym miejscu usterki mechanicznej lub elektrycznej na linii produkcyjnej. Swobodne posługiwanie się oprogramowaniem HMI i SCADA; uruchamianie połączeń sieciowych w standardzie Profibus/Modbus; stosowanie zdalnego monitoringu i diagnostyki parametrów przez sieć.

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Uczeń nie rozumie pojęcia adresu IP, nie potrafi skomunikować panelu HMI ze sterownikiem PLC.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń z pomocą nauczyciela potrafi zidentyfikować podstawowe elementy systemu mechatronicznego, wykonać proste połączenia fizyczne oraz posiada minimalną wiedzę teoretyczną zapewniającą bezpieczeństwo pracy. BHP i Obsługa: Rozróżnia stany pracy sterownika PLC (RUN, STOP, ERROR) na podstawie diod LED. Wie, jak bezpiecznie odłączyć zasilanie stanowiska. Elementy Hardware: Wskazuje fizyczne moduły sterownika PLC (zasilacz, CPU, wejścia/wyjścia) oraz panel HMI w szafie sterowniczej. Sieci: Rozpoznaje porty Ethernet (RJ45) w urządzeniach i potrafi fizycznie połączyć przewodem PLC z panelem HMI lub komputerem. Programowanie PLC: Rozróżnia w gotowym programie drabinkowym (LAD) podstawowe styki (NO, NC) oraz cewki (OUT). Wizualizacja HMI: Potrafi uruchomić gotowy projekt wizualizacji w trybie symulacji (Runtime) na komputerze. Uczeń umieszcza na gotowym ekranie operatorskim przycisk powiązany z markerem w pamięci PLC na podstawie instrukcji.
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie wykonuje typowe, proste zadania programistyczne, sieciowe i konfiguracyjne według podanej instrukcji krok po kroku. Adresacja IP: Samodzielnie konfiguruje statyczne adresy IP, maski podsieci na komputerze, sterowniku PLC oraz panelu HMI, dbając o to, by urządzenia pracowały w jednej podsieci. Komunikacja podstawowa: Tworzy proste połączenie sieciowe pomiędzy PLC a HMI w oprogramowaniu inżynierskim (np. TIA Portal). Potrafi sprawdzić połączenie za pomocą komendy ping. Programowanie PLC: Píše prosty program logiczny w języku LAD z wykorzystaniem operacji bitowych (AND, OR, NOT) oraz układów podtrzymania (zatrząsków). Wykorzystuje w programie podstawowy blok czasowy (TON – opóźnienie załączenia) lub licznik (CTU). Projektowanie HMI: Tworzy prosty ekran synoptyczny, umieszcza na nim przycisk (Button) oraz kontrolkę świetlną.

Poprawnie mapuje (łączy) obiekty graficzne HMI z pojedynczymi zmiennymi bitowymi ze sterownika PLC (np. markerem M lub adresem I/O). Uczeń samodzielnie projektuje prosty ekran HMI zawierający przyciski Start/Stop oraz lampki sygnalizacyjne stanów pracy maszyny.

- **Dobry (4):** Uczeń dobrze rozumie architekturę wymiany danych, samodzielnie rozwiązuje zadania o średnim stopniu złożoności oraz sprawnie buduje aplikacje sterowania połączone z monitoringiem. Struktura danych: Tworzy i poprawnie wykorzystuje bloki danych (Data Blocks - DB) w sterowniku PLC do przechowywania zmiennych procesowych. Obsługa zmiennych analogowych: Programuje bloki skalowania sygnałów analogowych w PLC (np. odczyt czujnika temperatury 0-10V / 4-20mA) i przygotowuje dane liczbowe (typ REAL/INT) do przesłania do HMI. Dynamizacja HMI: Projektuje dynamiczne elementy graficzne (np. zmiana koloru zbiornika lub tekstu w zależności od wartości zmiennej liczbowej z PLC). Konfiguruje pola wprowadzania/wyświetlania danych (I/O Field) umożliwiające operatorowi zmianę nastaw (np. czasu trwania procesu) bezpośrednio z panelu. Sieci i Diagnostyka: Konfiguruje prostą wymianę danych między dwoma sterownikami PLC w sieci (np. za pomocą instrukcji GET/PUT lub komunikacji I-Device w standardzie Profinet). Uczeń konfiguruje pole tekstowe (I/O Field) do zadawania nastaw licznikowych z panelu HMI oraz tworzy wykresy trendów dla sygnałów analogowych.
- **Bardzo dobry (5):** Uczeń w pełni opanował zakres programu, wykazuje wysoki stopień samodzielności, potrafi zintegrować rozproszony system mechatroniczny i sprawnie diagnozuje zaawansowane problemy komunikacyjne. Zaawansowane HMI/SCADA: Projektuje i konfiguruje system alarmów (aktywnych i historycznych) informujących operatora o awariach (np. zadziałanie wyłącznika silnikowego). Tworzy okna trendów (Trends) do graficznego obrazowania zmian zmiennych analogowych w czasie. Implementuje system zarządzania użytkownikami (User Administration) z podziałem na poziomy uprawnień (Operator, Serwisant, Administrator). Integracja sieciowa: Konfiguruje komunikację master-slave / client-server z wykorzystaniem protokołów przemysłowych takich jak Modbus TCP/RTU lub Profibus/Profinet dla urządzeń różnych producentów. Optymalizacja i Języki: Píše ustrukturyzowany kod PLC (z podziałem na bloki funkcyjne FB/FC), wykorzystując w razie potrzeby język tekstowy strukturalny (ST/SCL). Dbą o optymalizację wielkości pakietów danych przesyłanych przez sieć do systemu SCADA. Uczeń konfiguruje pełną sieć komunikacyjną Master-Slave (np. PLC jako Master i Falownik jako Slave przez Modbus RTU), sterując napędem z poziomu HMI.
- **Celujący (6):** Uczeń wykracza poza ramy programu nauczania, wykazuje umiejętności, projektuje systemy od podstaw i rozwiązuje nietypowe problemy technologiczne. Przemysł 4.0 i OPC UA: Konfiguruje serwer OPC UA na sterowniku PLC i integruje go z nadrzędnym systemem SCADA na PC lub systemem chmurowym, zapewniając bezpieczną wymianę danych. Samodzielnie lokalizuje trudne błędy sieciowe (np. konflikty adresów). Kompletnie wdrożenie systemowe: Projektuje od zera, programuje i uruchamia kompletną architekturę sterowania i wizualizacji dla wielozadaniowej linii produkcyjnej lub stacji dydaktycznej (w tym obsługa błędów, procedury startu awaryjnego, automatyczne raportowanie przestojów). Osiągnięcia dodatkowe: Reprezentuje szkołę z sukcesami w konkursach i olimpiadach technicznych w kategorii Automatyka Przemysłowa, konkursy firm Siemens, Mitsubishi Electric itp.) lub realizuje zaawansowane projekty modernizacji systemów sterowania w szkolnych pracowniach. Tworzy zaawansowaną stację nadrzędną systemu SCADA archiwizującą dane procesowe w zewnętrznych bazach danych i generującą raporty awarii.

Dział 4: Programowanie robotów przemysłowych i obrabiarek CNC

Temat 1: Programowanie i symulacja pracy obrabiarek sterowanych numerycznie (CNC)

- **Wymagania Podstawowe (WP):** Posługiwanie się oprogramowaniem do symulacji obróbki numerycznej; scharakteryzowanie układów współrzędnych i punktów charakterystycznych (W, M, R) w obrabiarkach CNC; wymienianie i stosowanie kodów ISO (G i M).

- **Wymagania Ponadpodstawowe (WPP):** Zinterpretowanie i modyfikowanie zaawansowanych programów CNC na podstawie opisu procesu technologicznego; testowanie działania programów; kontrolowanie i zmiana parametrów skrawania (posuw, obroty).

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Uczeń wprowadza błędne współrzędne geometryczne, wywołując kolizję wirtualnego narzędzia z materiałem w symulatorze.
- **Dopuszczający (2):** Uczeń z pomocą nauczyciela potrafi wykonać podstawowe czynności obsługowe na symulatorze lub maszynie oraz posiada elementarną wiedzę teoretyczną z zakresu obróbki skrawaniem. BHP: Identyfikuje i prawidłowo wskazuje wyłącznik awaryjny (E-STOP) na panelu sterowania CNC. Wymienia podstawowe zasady bezpiecznej pracy na Tokarce/Frezarce CNC. Budowa: Rozróżnia podstawowe osie układu współrzędnych obrabiarek (X, Z dla tokarki oraz X, Y, Z dla frezarki). Układy współrzędnych: Rozróżnia punkt zerowy maszyny (M) od punktu zerowego przedmiotu obrabianego (W). Obsługa manualna: Potrafi pod nadzorem uruchomić symulator/maszynę, przeprowadzić procedurę bazowania (powrót do punktu referencyjnego R) i poruszać osiami w trybie ręcznym (JOG). Programowanie: Rozpoznaje w kodzie programu podstawowe funkcje przygotowawcze (G) i pomocnicze (M), takie jak start wrzeciona (M03), ruch szybki (G00) czy liniowy (G01). Uczeń objaśnia znaczenie podstawowych funkcji ruchu G00 (ruch szybki) i G01 (interpolacja liniowa) w gotowym kodzie.
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie wykonuje typowe, proste zadania programistyczne i symulacyjne według podanego rysunku i instrukcji krok po kroku. Dokumentacja i Technologia: Odczytuje z rysunku technicznego podstawowe wymiary geometryczne przedmiotu. Potrafi dobrać podstawowe narzędzia (np. nóż tokarski zdzierak, frez walcowo-czołowy). Obsługa i Nastawianie: Samodzielnie wprowadza gotowy program CNC do pamięci sterownika (lub symulatora). Potrafi dokonać manualnego pomiaru (tzw. "dotknięcia" lub "drapania") w celu wyznaczenia punktu zerowego przedmiotu W. Programowanie: Pisze prosty program w kodzie ISO (G-kod) dla operacji tokarskich lub frezarskich przy użyciu współrzędnych absolutnych (G90). Prawidłowo programuje prostoliniowy kontur przedmiotu z uwzględnieniem ruchów roboczych (G01) oraz wyjazdu bezpiecznego (G00). Stosuje podstawowe parametry skrawania: prędkość obrotową wrzeciona (S) oraz posuw (F). Symulacja: Samodzielnie uruchamia symulację graficzną 2D/3D programu i potrafi zidentyfikować oczywiste błędy, takie jak kolizja narzędzia z materiałem w ruchu szybkim. Uczeń samodzielnie pisze prosty program frezowania lub toczenia konturowego w kodzie G na podstawie rysunku wykonawczego.
- **Dobry (4):** Uczeń dobrze rozumie strukturę kodu CNC, samodzielnie dobiera parametry technologiczne i rozwiązuje zadania o średnim stopniu złożoności dla typowych detali. Technologia: Samodzielnie wylicza parametry skrawania (n oraz vf) na podstawie wzorów technologicznych oraz danych katalogowych producenta narzędzi. Kompensacja narzędzia: Rozumie i poprawnie stosuje kody kompensacji promienia ostrza/freza (G41, G42) oraz jej odwołanie (G40). Programowanie: Tworzy programy dla konturów zawierających łuki i zaokrąglenia, stosując interpolację kołową (G02, G03). Sprawnie przełącza się pomiędzy programowaniem absolutnym (G90) a przyrostowym (G91). Wykorzystuje podstawowe stałe cykle obróbkowe (np. cykl wiercenia z łamaniem wióra, proste cykle planowania lub zgrubne). Symulacja i Korekcja: Wprowadza wartości geometryczne narzędzi do tabeli korekcyjnej sterownika (Tool Offset). Na podstawie symulacji 3D samodzielnie koryguje błędy składniowe kodu (tzw. bugi w programie). Uczeń poprawnie stosuje interpolację kołową (G02/G03) oraz wprowadza funkcje kompensacji promienia ostrza narzędzia (G41/G42).
- **Bardzo dobry (5):** Uczeń w pełni opanował zakres programu, wykazuje wysoki stopień samodzielności, optymalizuje proces obróbki i potrafi zaprogramować złożone technologicznie detale. Zaawansowane programowanie manualne: Pisze optymalne i bezpieczne programy dla części o skomplikowanym kształcie (np. toczenie stopniowe z podcięciami, gwintowaniem, frezowanie kieszeni z wyspami).

Efektywnie stosuje zaawansowane cykle obróbkowe (np. cykl usuwania nadkładu na tokarce G71/G72, cykle frezowania kieszeni kołowych i prostokątnych). Wykorzystuje podprogramy (M98/M99 lub CALL) dla operacji powtarzalnych. Symulacja i Diagnostyka: Przeprowadza pełną weryfikację programu w środowisku symulacyjnym (np. Sinutrain, Swansoft, ShopTurn/ShopMill). Potrafi interpretować komunikaty błędów sterownika (np. błędy matematyczne profilu konturu) i samodzielnie je eliminować. Optymalizacja: Projektuje proces w taki sposób, aby minimalizować czas przejść jałowych narzędzia oraz optymalnie dzielić nadadek materiału na przejścia zgrubne i wykańczające. Uczeń programuje złożoną obróbkę z użyciem cykli stałych (np. cykl wiercenia głębokich otworów, cykl kieszeni) wraz z optymalizacją parametrów technologicznych.

- **Celujący (6):** Uczeń wykracza poza ramy programu nauczania, wykazuje umiejętności i radzi sobie z nietypowymi problemami. Zastosowanie systemów CAD/CAM: Samodzielnie generuje kod NC na podstawie modelu 3D części w profesjonalnym oprogramowaniu CAM (np. Fusion 360, Mastercam, SolidCAM). Programowanie parametryczne: Wykazuje się znajomością programowania parametrycznego (zmienne typu macro / parametry R), tworząc elastyczne programy, w których zmiana jednego parametru automatycznie przelicza cały wymiar detalu. Współpraca mechatroniczna: Wykazuje głębokie zrozumienie integracji maszyny CNC z systemami automatyzacji (np. załadunek detali przez robota przemysłowego, komunikacja obrabiarki z nadrzędnym systemem za pomocą sygnałów I/O). Osiągnięcia dodatkowe: Z powodzeniem reprezentuje szkołę w olimpiadach wiedzy technicznej, konkursach programowania CNC (np. organizowanych przez firmy FANUC lub Siemens) lub realizuje autorskie projekty wykonania skomplikowanych elementów mechanicznych dla szkoły. Samodzielnie generuje bezbłędny kod NC powierzchni przestrzennych 3D przy użyciu zaawansowanych systemów komputerowego wspomaganie wytwarzania CAM.

Temat 2: Programowanie i sterowanie robotów przemysłowych

- **Wymagania Podstawowe (WP):** Posługiwanie się oprogramowaniem do programowania i symulacji robotów; scharakteryzowanie struktur osi i napędów robotów; interpretowanie i stosowanie podstawowych instrukcji ruchu w językach robotów.
- **Wymagania Ponadpodstawowe (WPP):** Omówienie zasad kinematyki; stosowanie sensorycznego sterowania robotem (reakcja na wejścia czujników); modyfikowanie trajektorii i programów ruchowych robota; uruchamianie i testowanie dynamiczne programów.

Treści nauczania

- Programowanie i robocze uruchomienie robota: Podstawy budowy i kinematyki robotów przemysłowych. Klasyfikacja i struktura: Omawianie rodzajów, generacji oraz przeznaczenia robotów i manipulatorów przemysłowych. Układy kinematyczne: Analiza konfiguracji łańcuchów kinematycznych (układy kartezjańskie, cylindryczne, sferyczne, antropomorficzne/przegubowe, roboty typu SCARA i Delta). Układy współrzędnych robota: Definiowanie i dobór układów współrzędnych (globalny/bazowy – WORLD, stawowy – JOINT, narzędzia – TOOL, użytkownika – USER/BASE). Przestrzeń robocza: Określanie zasięgu, stref bezpiecznych oraz ograniczeń ruchu ramienia robota. Układy napędowe i sensoryka w robotyce. Charakterystyka napędów: Omówienie działania i doboru napędów elektrycznych (serwosilniki, silniki krokowe), pneumatycznych oraz hydraulicznych stosowanych w osiach robotów. Przeniesienie napędu: Analiza pracy przekładni falowych, planetarnych oraz pasowych. Układy sensoryczne (Sensoryka): Sensory wewnętrzne: Enkodery (inkrementalne i absolutne), resolwery. Sensory zewnętrzne: Czujniki zbliżeniowe, optyczne, ultradźwiękowe, systemy wizyjne (Smart Camera) oraz układy pomiaru siły i momentu obrotowego. Efektory (Narzędzia końcowe): Chwytyki mechaniczne, podciśnieniowe (przyssawki), magnetyczne oraz narzędzia technologiczne (głowice spawalnicze, palniki, dysze dozujące).

Programowanie i sterowanie ruchem robotów. Języki programowania robotów: Interpretacja i stosowanie instrukcji w językach strukturalnych specyficznych dla wiodących producentów (np. KRL dla KUKA, RAPID dla ABB, AS dla Kawasaki). Typy ruchu i instrukcje pozycjonowania: Ruch od punktu do punktu (PTP / Joint). Ruch liniowy (LIN / Linear). Ruch po łuku (CIRC / Circular). Konfiguracja parametrów ruchu: Definiowanie prędkości (Velocity), przyspieszenia (Acceleration) oraz parametrów aproksymacji (wygładzania ścieżki / płynności przejścia między punktami). Instrukcje warunkowe i pętle: Tworzenie algorytmów sterowania z wykorzystaniem instrukcji logicznych (IF...THEN, WHILE, FOR), podprogramów oraz przerwań (Interrupts). Symulacja komputerowa i programowanie Off-line. Oprogramowanie inżynierskie: Posługiwanie się specjalistycznymi środowiskami symulacyjnymi (np. RobotStudio, KUKA.Sim, RoboGuide, RoboDK). Budowa sceny 3D: Importowanie modeli CAD maszyn, chwytaków i detali do środowiska wirtualnego. Testowanie programów: Wykrywanie kolizji, sprawdzanie osobliwości matematycznych (Singularity) ramienia robota oraz optymalizacja czasu cyklu pracy. Integracja robotów w liniach produkcyjnych (Eksplotacja). Komunikacja sieciowa: Konfiguracja wymiany danych między kontrolerem robota a sterownikiem PLC lub panelem HMI za pomocą protokołów przemysłowych (Profinet, Ethernet/IP, Profibus, EtherCAT). Obsługa sygnałów wejść/wyjść (I/O): Programowanie reakcji robota na sygnały z czujników zewnętrznych i przesyłanie statusu pracy do systemu nadrzędnego. Obsługa manualna: Bazowanie robota, kalibracja narzędzia (wyznaczanie punktu TCP - Tool Center Point) oraz układu współrzędnych bazy za pomocą programatora ręcznego (Teach Pendant). Bezpieczeństwo i konserwacja (BHP w robotyce) Systemy bezpieczeństwa: Integracja robota z wyłącznikami awaryjnymi (E-STOP), kurtynami świetlnymi, skanerami laserowymi oraz zamkami ryglowanymi strefy roboczej. Funkcje bezpieczne kontrolera: Konfiguracja bezpiecznej prędkości i monitorowania bezpiecznych stref przestrzeni roboczej (np. SafeOperation, SafeMove). Konserwacja i diagnostyka: Przeglądy okresowe, kontrola stanu okablowania, wymiana smarów w przekładniach oraz diagnozowanie kodów błędów kontrolera. Nauka punktów pozycji w przestrzeni roboczej za pomocą panela Teach Pendant; definiowanie i kalibracja narzędzia (TCP - Tool Center Point) oraz układu współrzędnych podstawy (BASE); pisanie struktur programowych ruchu (ruchy szybkie PTP, robocze liniowe LIN i po łuku CIRC); obsługa wejść/wyjść cyfrowych do bezprzewodowej wymiany sygnałów i synchronizacji z procesem PLC (sterowanie chwytakiem, sygnały zgody i gotowości).

Wymagania edukacyjne na poszczególne oceny

- **Niedostateczny (1):** Nie potrafi poruszać robotem ręcznie za pomocą panela Teach Pendant. Uczeń programuje punkty ruchu robota w sposób prowadzący do fizycznej kolizji z barierami lub wejścia robota w stan osobliwości (singularity).
- **Dopuszczający (2):** Uczeń z pomocą nauczyciela potrafi wykonać proste, powtarzalne czynności oraz posiada podstawową wiedzę teoretyczną pozwalającą na bezpieczną pracę. BHP: Identyfikuje i wskazuje przycisk awaryjnego zatrzymania (E-STOP) na programatorze ręcznym (Teach Pendant) oraz na ogrodzeniu celi. Budowa: Wymienia podstawowe elementy robota (manipulator, kontroler, programator, chwytak). Układy współrzędnych: Rozróżnia ruch w układzie osiowym (JOINT) od ruchu w układzie globalnym (WORLD). Obsługa manualna: Potrafi załączyć napięcie na napędy i wykonać ręczne ruchy robotem (jogging) w bezpiecznym tempie. Programowanie: Rozpoznaje podstawowe instrukcje ruchu (PTP, LIN) w gotowym kodzie programu. Porusza robotem w układzie osiowym (JOINT) z pomocą nauczyciela; zapisuje punkty pozycji. Uczeń programuje punkty ruchu robota w sposób prowadzący do fizycznej kolizji z barierami lub wejścia robota w stan osobliwości (singularity).
- **Dostateczny (3):** Uczeń samodzielnie wykonuje typowe, proste zadania teoretyczne i praktyczne według podanej instrukcji. BHP: Bezpiecznie wchodzi w przestrzeń roboczą robota zgodnie z procedurami i potrafi zresetować błędy kurtyn bezpieczeństwa. Budowa i Sensoryka: Odróżnia rodzaje struktur kinematycznych (np. robot przegubowy, SCARA); potrafi wskazać czujnik bazowy oraz enkodery. Obsługa manualna: Samodzielnie bazuje robota po utracie zasilania / pozycji oraz potrafi ręcznie doprowadzić ramię do wskazanego punktu w przestrzeni.

Programowanie: Zapisuje do pamięci robota punkty pozycji (instrukcja TouchUp / Teach). Tworzy prosty program ruchu liniowego i punktowego (np. przeniesienie detalu z punktu A do punktu B bez przeszkód). Steruje otwarciem i zamknięciem chwytaka za pomocą gotowych komend. Symulacja: Uruchamia program symulacyjny (np. RoboDK, RobotStudio) i poprawnie wczytuje gotowy model stanowiska robotycznego. Wyznacza i kalibruje układ narzędzia (TCP); pisze prosty program ruchu PTP i LIN dla wyznaczenia trajektorii. Uczeń programuje podstawową ścieżkę ruchu ramienia robota (punkty PTP, LIN) realizującą zadanie przenoszenia detalu (Pick & Place).

- **Dobry (4):** Uczeń dobrze rozumie powiązania w systemie mechatronicznym i samodzielnie rozwiązuje zadania o średnim stopniu złożoności. Konfiguracja: Samodzielnie konfiguruje i kalibruje układ współrzędnych narzędzia (TCP / TOOL) oraz układ współrzędnych użytkownika (BASE / USER) metodą wielopunktową. Programowanie: Dobiera optymalne typy ruchu (PTP, LIN, CIRC) w celu ominięcia przeszkód wewnątrz celi. Wykorzystuje parametry aproksymacji (wygładzania ścieżki) do upłynnienia ruchu ramienia i skrócenia czasu cyklu. Stosuje w kodzie instrukcje warunkowe (IF...THEN) oraz pętle (FOR, WHILE) zależne od stanu sygnałów wejściowych. Integracja: Konfiguruje sygnały cyfrowe wejść/wyjść (I/O) robota do współpracy z zewnętrznymi czujnikami obecności detalu. Symulacja: Samodzielnie buduje wirtualną scenę 3D, importuje chwytaki i detale, oraz generuje działający program offline, sprawdzając go pod kątem kolizji. Programuje złożone trajektorie z ruchami łukowymi CIRC; steruje pracą chwytaka poprzez sygnały wejść/wyjść cyfrowych i synchronizuje robota z PLC. Uczeń modyfikuje program robota wprowadzając instrukcje warunkowe (IF...THEN) powiązane ze stanem chwytaka i zewnętrznymi czujnikami obecności.
- **Bardzo dobry (5):** Uczeń w pełni opanował zakres programu, działa sprawnie, samodzielnie, bezpiecznie i potrafi elastycznie łączyć wiedzę z różnych modułów (PLC, robotyka, pneumatyka). Diagnostyka i Konserwacja: Samodzielnie analizuje kody błędów kontrolera, potrafi zdiagnozować przyczynę awarii (np. usterka enkodera, przekroczenie limitu programowego osi) i ją usunąć. Programowanie zaawansowane: Pisze ustrukturyzowany, przejrzysty kod w języku natywnym producenta (np. KRL, RAPID) z wykorzystaniem podprogramów, funkcji matematycznych i rejestrów pozycji. Implementuje obsługę przerw (Interrupts) reagujących natychmiast na sygnały alarmowe lub zmianę sytuacji na linii. Integracja sieciowa: Konfiguruje komunikację sieciową (np. Profinet, Ethernet/IP) pomiędzy robotem a sterownikiem PLC, tworząc mapę wymiany słów danych (statusy, tryby pracy, numery programów). Optymalizacja cyklu: Projektuje trajektorię ruchu robota w taki sposób, aby unikać tzw. punktów osobliwych (Singularity) i maksymalnie skrócić czas taktu produkcyjnego. Programuje robota offline w symulatorze 3D; optymalizuje czas cyklu pracy (Cycle Time); konfiguruje strefy bezpieczne i układy współrzędnych bazy (BASE). Uczeń modyfikuje program robota wprowadzając instrukcje warunkowe (IF...THEN) powiązane ze stanem chwytaka i zewnętrznymi czujnikami obecności.
- **Celujący (6):** Uczeń wykracza poza ramy programu nauczania, potrafi rozwiązywać nietypowe problemy technologiczne. Zaawansowana integracja systemów: Integruje robota z zaawansowanymi systemami wizyjnymi (2D/3D Smart Camera), implementując algorytmy automatycznego korygowania trajektorii robota na podstawie pozycji detalu pobranej z kamery. Robotyka współpracująca i specjalna: Wykazuje się znajomością konfiguracji systemów bezpieczeństwa dla robotów współpracujących (Cobotów) – m.in. bezpieczne ograniczanie siły i momentów osiowych. Rozwiązywanie problemów (Troubleshooting): Samodzielnie projektuje algorytm obsługi błędów technologicznych (np. brak pobrania detalu przez podciśnienie, ponowienie próby chwytu, bezpieczny powrót robota do pozycji domowej HOME bez udziału operatora). Osiągnięcia dodatkowe: Z powodzeniem reprezentuje szkołę w konkursach branżowych, olimpiadach mechatronicznych (np. EuroSkills/WorldSkills) lub realizuje zaawansowany, działający projekt autorskiego stanowiska zrobotyzowanego w szkole. Programuje zaawansowaną aplikację zintegrowaną robota z systemem wizyjnym do sortowania obiektów w ruchu (Conveyor Tracking). Tworzy zaawansowaną aplikację sterowania robotem przemysłowym zintegrowanym z systemem wizyjnym (reakcja na kształt i pozycję przesuniętego detalu).

Final answers

- **Diagnostyka i naprawa urządzeń i systemów mechatronicznych (D_N_U_M):** Kompleksowe PZO zintegrowane (Działy I–III)
- **Montaż urządzeń i podzespołów mechatronicznych (M_P_M):** Kompleksowe PZO zintegrowane (Działy I–III)
- **Pracownia technologii i konstrukcji mechanicznych (T_K_M) CKZ:** Kompleksowe PZO zintegrowane (Działy I–II)
- **Montaż i obsługa urządzeń i systemów mechatronicznych (M_O_S_M):** Kompleksowe PZO zintegrowane (Działy I–II)
- **Programowanie urządzeń i systemów mechatronicznych (P_U_M):** Kompleksowe PZO zintegrowane (Działy I–III)

OGÓLNE FORMY SPRAWDZANIA WIEDZY I WARUNKI ZALICZENIA

Ocenianiu podlega:

- wiedza i umiejętności, zrozumienia pojęć fizycznych, technicznych,
- poprawność sformułowania praw i definicji,
- zgodność zamieszczanych treści z tematem lekcji,
- zapis wzorów i jednostek układu SI do obliczania wielkości fizycznych,
- jakość zamieszczonych charakterystyk i schematów,
- zgodność symboliki rysunkowej z PN, EN, lub ISO,
- estetyka wykonania i forma graficzna arkusza sprawozdania,
- wnioskowanie na zadane pytania
- poprawność sformułowania wniosków, które wynikają z uzyskanych wyników i przebiegu ćwiczenia
- znajomość przepisów BHP i Ppoż. przy obsłudze urządzeń elektrycznych, elektronicznych pneumatycznych i hydraulicznych, układów sterowania,
- stosowanie wiedzy w sytuacjach praktycznych,
- łączenie teorii z praktyką
- umiejętność stosowania języka matematycznego przy rozwiązywaniu zadań, oraz technicznego
- współpraca w zespole,
- samodzielność pracy ucznia,
- systematyczność,
- aktywność na lekcji,
- udział w konkursach i olimpiadach technicznych.
- przygotowanie prezentacji
- wykonanie projektu
- przygotowanie referatu

Ocena pracy ucznia:

1. Za prace wykonywane w pracowni uczeń otrzymuje ocenę na podstawie:
 - wykonywanych sprawozdań i wyciąganych z pomiarów wniosków,
 - wypowiedzi w czasie dyskusji nad wykonywanymi ćwiczeniami,
 - zaangażowania w działania wykonywane przez zespół w trakcie ćwiczeń,
 - odpowiedzi ustnych na zadawane pytania dotyczące wykonywanych ćwiczeń,
 - obserwacji zachowania i przestrzegania przepisów BHP.
 - kolokwium sprawdzającego wykonanie serii ćwiczeń,
2. Niezaliczenie ćwiczeń skutkuje otrzymaniem oceny niedostatecznej z przedmiotu.
3. Szczególne osiągnięcia ucznia jak udział w konkursach, zawodach i olimpiadach technicznych uwzględnia się przy ustalaniu oceny semestralnej i końcowo rocznej.
4. W przypadku otrzymania oceny niedostatecznej na koniec roku uczeń może przystąpić do egzaminu sprawdzającego z pracowni, który składa się z części praktycznej i teoretycznej.
5. Po wykonaniu danej serii ćwiczeń organizowane będą zajęcia uzupełniające i utrwalające, podczas których uczeń może:
 - wykonać ćwiczenia, w czasie których był nieobecny lub z których uzyskał słabe wyniki,
 - uzupełnić ćwiczenia kontrolne,
 - odbyć konsultacje przedmiotowe,
 - rozszerzyć umiejętności z zakresu wykonanych ćwiczeń,
6. Poprawa oceny końcowej jest możliwa tylko w uzasadnionych przypadkach. Warunkiem koniecznym do umożliwienia poprawy jest usprawiedliwienie wszystkich nieobecności i systematyczne oddawanie sprawozdań.

7. Zaliczenie serii ćwiczeń odbywa się przez sprawdzenie:

- wiadomości teoretycznych związanych z wykonywanymi ćwiczeniami,
- wiadomości nabytych w czasie wykonywanych ćwiczeń,
- umiejętności montażu układów pomiarowych,
- umiejętności uruchomienia urządzeń,
- umiejętności zdejmowania charakterystyk.

Nauczyciel może wybrać jedną lub więcej z w/w form sprawdzenia wiadomości i przeprowadzić zaliczenie serii ustnie lub pisemnie.

8. Uczeń oddaje sprawozdanie w następnym tygodniu po wykonaniu ćwiczenia. Jeżeli uczeń nie odda sprawozdania w wyznaczonym terminie nauczyciel wpisuje ocenę niedostateczną. Uczeń ma możliwość doniesienia sprawozdania w późniejszym okresie tylko za zgodą nauczyciela. Sprawozdania są przechowywane przez nauczyciela do końca roku szkolnego z możliwością wglądu przez rodziców, prawnych opiekunów lub oddane uczniom. Otrzymanie oceny niedostatecznej z danego ćwiczenia wiąże się z koniecznością jego zaliczenia u nauczyciela przyjmującego sprawozdanie. Ostateczne zaliczenie zajęć laboratoryjnych uzyskuje się po wykonaniu i zaliczeniu wszystkich ćwiczeń. Ocena końcowa ustalana jest na podstawie uzyskanych ocen cząstkowych z przygotowania do ćwiczeń, wykonanych ćwiczeń, oddanego sprawozdania i kolokwium zaliczeniowego.

Prace klasowe w tym testy

Prace klasowe obejmują większy zakres materiału i są obowiązkowe, zapowiadane z tygodniowym wyprzedzeniem. Każdy uczeń musi zaliczyć każdą pracę klasową. Uzyskanie oceny niedostatecznej wiąże się z obniżeniem oceny semestralnej, końcowo rocznej. Uczniowie mają prawo wglądu do ocenionych prac i są one przechowywane przez nauczyciela do końca roku szkolnego z możliwością wglądu do nich rodziców lub opiekunów prawnych ucznia, bądź oddane uczniom. Przy każdym zadaniu podana jest maksymalna ilość punktów do uzyskania. W zależności od tego można uzyskać ocenę:

- | | | |
|------------------|---|--------|
| • celującą | procentowy wskaźnik opanowania osiągnięć edukacyjnych | 100% |
| • bardzo dobrą | procentowy wskaźnik opanowania osiągnięć edukacyjnych | 90-99% |
| • dobrą | procentowy wskaźnik opanowania osiągnięć edukacyjnych | 75-89% |
| • dostateczną | procentowy wskaźnik opanowania osiągnięć edukacyjnych | 51-74% |
| • dopuszczającą | procentowy wskaźnik opanowania osiągnięć edukacyjnych | 30-50% |
| • niedostateczną | procentowy wskaźnik opanowania osiągnięć edukacyjnych | 0-29% |

Krótkie sprawdziany, kartkówki (od 5 do 20 min.)

Mogą być zapowiedziane lub nie zapowiedziane. Obejmują materiał z trzech ostatnich tematów zajęć, bądź dotyczą aktualnie omawianego działu i związane są z większą liczbą zrealizowanych zajęć lekcyjnych.

Sprawozdania z wykonywanych ćwiczeń

Z każdego realizowanego ćwiczenia uczeń zobowiązany jest wykonać sprawozdanie na kartkach formatu A4, które powinno zawierać:

- nazwę szkoły i przedmiotu, imiona i nazwiska uczniów w grupie, nr grupy, temat zajęć,
- cel i zakres realizowanego ćwiczenia, który wynika z tematu zajęć,
- wprowadzenie teoretyczne w postaci: opisów, wzorów, rysunków elementów, urządzeń, schematów układów, jednostek układu SI,
- przebieg realizowanego ćwiczenia w punktach,
- wyniki pomiarów w tabelkach, wzory do obliczeń wielkości fizycznych, przykłady obliczeń, schematy układów pomiarowych, szkice i rysunki pomocnicze, narzędzia montażowe i kontrolno pomiarowe,
- wnioski na podstawie wykonanego ćwiczenia, literatura na podstawie, której wykonano ćwiczenie,

Formy oceniania:

- **Sprawdziany pisemne, kartkówki, prace klasowe i testy wiedzy** – weryfikacja teorii, obliczeń, znajomości symboli oraz czytania schematów, rysunków.
- **Zadania practical (stanowiskowe)** – wykonanie montażu, okablowania czujników i wykonawców, uruchomienia, nastawy, pomiarów lub programu na fizycznym sprzęcie dydaktycznym.
- **Sprawozdania i raporty** – opracowanie wyników pomiarów, charakterystyk czujników, wykresów, kodu źródłowego i wniosków z ćwiczeń laboratoryjnych.
- **Odpowiedzi ustne i aktywność na zajęciach** – analiza, wnioskowanie
- **Dodatkowe formy ustalone przez nauczyciela**

Warunki zaliczenia:

- Uzyskanie ocen pozytywnych ze wszystkich sprawdzianów pisemnych oraz zaliczeń praktycznych na stanowiskach laboratoryjnych.
- Uczeń może poprawić ocenę z ćwiczenia, sprawozdania, pracy pisemnej lub kartkówki w terminie ustalonym wspólnie z nauczycielem do 2 tygodni po otrzymaniu oceny z wymienionej formy sprawdzania wiedzy.
- Jeżeli uczeń był nieobecny w trakcie realizacji jednej z wymienionych form oceniania, musi zaliczyć w terminie ustalonym przez nauczyciela do 2 tygodni od oddania pracy.
- Warunek bezwzględny dopuszczenia do pracy na stanowiskach praktycznych: Zaliczony na 100% sprawdzian z zasad bezpiecznej obsługi stanowiska oraz przepisów BHP.

Odpowiedzi ustne

Dotyczą sprawdzenia bieżącej wiedzy ucznia z 3 ostatnich tematów. Uczeń udziela odpowiedzi na pytania teoretyczne posługując się prawidłową terminologią, językiem technicznym, jest zrozumiany przez nauczyciela, oraz pozostałych uczniów, rozumie to co mówi, łączy elementy wiedzy z różnych przedmiotów, rozwiązuje zadanie rachunkowe, rysuje symbole, elementy, schematy układów pomiarowych, regulacji, właściwie analizuje, wyciąga wnioski, koreluje wiedzę z różnych przedmiotów zawodowych

Praca ucznia na lekcji

Na ocenę składają się aktywność, częste zgłaszanie się na lekcji, zaangażowanie ucznia, uczestnictwo w pracach zespołowych. Montaż i demontaż układów pomiarowych na podstawie schematu. Właściwie posługiwanie się miernikiem uniwersalnym, cyfrowym, analogowym, oraz prawidłowo obsługuje urządzenia. Prawidłowo organizuje stanowiska pomiarowe i prawidłowo posługuje się techniką komputerową. Wykonuje czynności: montażowe, pomiarowe, naprawcze i diagnostykę zgodnie z zasadami BHP. Ocena jest jawna, umotywowana na każdą prośbę ucznia lub jego rodziców.

Kryteria ocen wypowiedzi ustnej:

- • poprawność merytoryczna
- • uzasadnienie wypowiedzi
- • stosowanie prawidłowej terminologii technicznej
- • sposób prezentacji, umiejętność formułowania myśli
- • właściwe wnioskowanie

Kryteria oceny pracy w grupie:

- • organizacja pracy w grupie
- • komunikacja w grupie
- • aktywność
- • wkład pracy własnej
- • współdziałanie
- • prezentowanie rezultatów pracy grupy

Kryteria oceny zeszytu przedmiotowego:

- • kompletność i systematyczność prowadzenia notatek
- • czytelność i estetyka prowadzonych notatek
- • poprawność i estetyka wykonywania rysunków, schematów, szkiców
- • brak notatek, zeszytu przedmiotowego wiąże się z uzyskaniem częściowej oceny niedostatecznej

Kryteria oceny pracy domowej:

- • prawidłowe wykonanie
- • zawartość merytoryczna
- • wykorzystanie źródła informacji
- • estetyka wykonania
- • wkład pracy

Dostosowanie PSO z zajęć do możliwości uczniów ze specjalnymi potrzebami edukacyjnymi.

1. Uczniowie posiadający opinię poradni psychologiczno-pedagogicznej o specyficznych trudnościach w uczeniu się, uczniowie posiadający orzeczenie o potrzebie nauczania indywidualnego oraz orzeczenie o potrzebie kształcenia specjalnego dla uczniów z upośledzeniem umysłowym w stopniu lekkim są oceniani z uwzględnieniem zaleceń poradni.
2. Nauczyciel dostosowuje wymagania edukacyjne do indywidualnych potrzeb psychofizycznych i edukacyjnych ucznia posiadającego opinię poradni psychologiczno-pedagogicznej o specyficznych trudnościach w uczeniu się oraz orzeczenie o potrzebie nauczania indywidualnego zgodnie z zaleceniami poradni. Nauczyciel może zastosować m.in. sprawdziany o obniżonym stopniu trudności, wydłużony czas pisania, zróżnicowane sposoby oceniania sprawdzianów.
3. Zakres dostosowania wymagań oraz cele do osiągnięcia uczniów posiadających orzeczenie o potrzebie kształcenia specjalnego określa indywidualny program edukacyjno-terapeutyczny (IPET), uwzględniający zalecenia zawarte w orzeczeniu o potrzebie kształcenia specjalnego.
4. W stosunku do wszystkich uczniów posiadających dysfunkcję zastosowane zostaną zasady wzmacniania poczucia własnej wartości, bezpieczeństwa, motywowania do pracy i doceniania małych sukcesów.