

## Program studiów

Kierunek studiów:	energetyka
Poziom studiów:	studia pierwszego stopnia
Profil studiów:	ogólnoakademicki
Formy studiów:	studia stacjonarne studia niestacjonarne
Liczba semestrów:	studia stacjonarne: 7 semestrów studia niestacjonarne: 8 semestrów
Liczba punktów ECTS konieczna do ukończenia studiów:	213 ECTS
Tytuł zawodowy nadawany absolwentom:	inżynier
Kierunek studiów jest przyporządkowany do dyscyplin:	inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka (100%) – dyscyplina wiodąca
Łączna liczba godzin zajęć:	studia stacjonarne: 2550 studia niestacjonarne: 1635
Łączna liczba punktów ECTS, jaką student musi uzyskać w ramach zajęć prowadzonych z bezpośrednim udziałem nauczycieli akademickich lub innych osób prowadzących zajęcia:	studia stacjonarne: 109 ECTS studia niestacjonarne: 73 ECTS
Liczba punktów ECTS, jaką student musi uzyskać w ramach zajęć z dziedziny nauk humanistycznych lub nauk społecznych – w przypadku kierunków studiów przyporządkowanych do dyscyplin w ramach dziedzin innych niż odpowiednio nauki humanistyczne lub nauki społeczne:	5 ECTS
Wymiar oraz liczba punktów ECTS, jaką student musi uzyskać w ramach praktyk zawodowych:	4 tygodnie 6 ECTS
Zasady i forma odbywania praktyk zawodowych:	Zgodnie z "Regulaminem praktyk studenckich": Praktyka będzie realizowana w zakładach przemysłowych, jednostkach badawczo-rozwojowych, jednostkach naukowych oraz projektowych związanych z branżą energetyczną, gdzie student będzie mógł ugruntować swoją wiedzę i umiejętności, a przede wszystkim praktycznie je wykorzystać.

Kategoria efektu	Symbol	Treść efektu uczenia się	Uniwersalne charakterystyki pierwszego stopnia (kod składnika opisu PRK)	Ogólne charakterystyki drugiego stopnia (kod składnika opisu PRK)	dla dziedziny sztuki / dla kompetencji inżynierskich (TAK/NIE)
Wiedza: zna i rozumie	K1A_W01	zagadnienia z zakresu podstaw logiki, algebry liniowej i geometrii analitycznej, rachunku różniczkowego i całkowego oraz jego zastosowań	P6U_W	P6S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K1A_W02	pojęcia fizyki klasycznej, relatywistycznej i kwantowej; podstawowe zagadnienia z zakresu ogólnych praw fizyki, wielkości fizycznych oraz oddziaływań fundamentalnych	P6U_W	P6S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K1A_W03	zasady przeprowadzania i opracowania wyników pomiarów fizycznych, rodzaje niepewności pomiarowych, sposoby ich wyznaczania i wyrażania	P6U_W	P6S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K1A_W04	metody i procedury numeryczne oraz zagadnienia programowania i możliwości obliczeń komputerowych	P6U_W	P6S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K1A_W05	właściwości okresowe pierwiastków oraz istotę struktury i zachowania związków chemicznych	P6U_W	P6S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K1A_W06	podstawy mechaniki i wytrzymałości materiałów	P6U_W	P6S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K1A_W07	zasady grafiki inżynierskiej i rysunku technicznego umożliwiające rozwiązywanie problemów technicznych z zakresu energetyki	P6U_W	P6S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K1A_W08	zagadnienia z zakresu elektrotechniki i elektroniki, zna działanie maszyn elektrycznych i zasady ich doboru do instalacji	P6U_W	P6S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K1A_W09	metody analizy liniowych układów dynamicznych i rozumie podstawowe struktury układów sterowania	P6U_W	P6S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K1A_W10	podstawowe zasady konstrukcji maszyn i doboru materiałów	P6U_W	P6S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K1A_W11	zasady niezawodnej i bezpiecznej eksploatacji maszyn i urządzeń oraz obiektów energetycznych, zna zasady doboru maszyn i urządzeń do potrzeb instalacji energetycznej	P6U_W	P6S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K1A_W12	problemy związane z przesyłem, transportem i magazynowaniem energii	P6U_W	P6S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K1A_W13	podstawowe zasady termodynamiki technicznej i chemicznej oraz podstawowe prawa transportu ciepła i masy oraz mechaniki płynów	P6U_W	P6S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K1A_W14	metody pomiaru wielkości energetycznych	P6U_W	P6S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K1A_W15	zasady i technologie ochrony środowiska związane z procesami energetycznymi	P6U_W	P6S_WK	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K1A_W16	zasady inżynierii finansowej, działania rynku energii i ochrony środowiska	P6U_W	P6S_WK	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K1A_W17	budowę podstawowych urządzeń energetyki konwencjonalnej	P6U_W	P6S_WG	TAK

Wiedza: zna i rozumie	K1A_W18	podstawowe technologie energetyki konwencjonalnej, jądrowej i energetyki źródeł odnawialnych, rozumie zasady ich projektowania i eksploatacji	P6U_W	P6S_UW	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K1A_W19	metodykę oceny energetycznej procesów w tym znaczenie skumulowanego zużycia bogactw naturalnych i paliw kopalnych	P6U_W	P6S_WK	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K1A_W20	zasady wykorzystywania energii odpadowej	P6U_W	P6S_UW	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K1A_W21	społeczne, ekonomiczne, prawne i inne pozatechniczne uwarunkowania działalności inżynierskiej	P6U_W	P6S_KK	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K1A_W22	podstawowe zagadnienia dotyczące zarządzania, w tym zarządzania jakością, i prowadzenia działalności gospodarczej	P6U_W	P6S_KO	NIE
Wiedza: zna i rozumie	K1A_W23	ogólne zasady tworzenia i rozwoju form indywidualnej przedsiębiorczości, wykorzystującej wiedzę z zakresu dziedzin nauki i dyscyplin naukowych, właściwych dla studiowanego kierunku	P6U_W	P6S_WK	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K1A_W24	szczegółowo, wybrane zagadnienia z zakresu studiowanej specjalności	P6U_W	P6S_WG	TAK
Wiedza: zna i rozumie	K1A_W25	typowe technologie inżynierskie w zakresie energetyki	P6U_W	P6S_WG	TAK
Umiejętności: potrafi	K1A_U01	pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych właściwie dobranych źródeł, także w języku angielskim, integrując uzyskane informacje, dokonując ich interpretacji, wyciągając wnioski oraz formułując i uzasadniając opinie	P6U_U	P6S_UW	NIE
Umiejętności: potrafi	K1A_U02	porozumiewać się przy użyciu różnych technik w środowisku zawodowym oraz w innych środowiskach	P6U_U	P6S_UK	NIE
Umiejętności: potrafi	K1A_U03	przygotować w języku polskim i języku angielskim, dobrze udokumentowane opracowanie typu raport techniczny	P6U_U	P6S_UK	TAK
Umiejętności: potrafi	K1A_U04	przygotować i przedstawić w języku polskim i języku angielskim prezentację ustną, dotyczącą szczegółowych zagadnień z zakresu energetyki	P6U_U	P6S_UK	TAK
Umiejętności: potrafi	K1A_U05	czytać prasę fachową (także w języku angielskim) i prowadzić proces samokształcenia się	P6U_U	P6S_UK	NIE
Umiejętności: potrafi	K1A_U06	posługiwać się językiem obcym na poziomie B2 Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego; posługiwać się terminologią anglojęzyczną z zakresu energetyki	P6U_U	P6S_UK	TAK
Umiejętności: potrafi	K1A_U07	stosować logikę do poprawnego formułowania wypowiedzi i oceny prawdziwości zdań złożonych. Prowadzić obliczenia w przestrzeniach wektorowych, używać języka wektorów i macierzy w zagadnieniach technicznych. Zastosować funkcję ciągłą i różniczkowalną. Wykorzystywać metody rachunku różniczkowego i całkowego do opisu zagadnień fizycznych i technicznych	P6U_U	P6S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K1A_U08	analizować i rozwiązywać proste problemy fizyczne w oparciu o poznane podstawowe prawa i metody fizyki i wytłumaczyć na ich podstawie przebieg zjawisk fizycznych; wykorzystać poznane prawa i metody fizyki oraz odpowiednie narzędzia matematyczne do rozwiązywania typowych problemów fizycznych	P6U_U	P6S_UW	TAK

Umiejętności: potrafi	K1A_U09	przeprowadzać proste pomiary fizyczne oraz opracować i przedstawić w czytelny sposób ich wyniki	P6U_U	P6S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K1A_U10	posługiwać się współczesnym oprogramowaniem komputerowym do realizacji zadań typowych dla działalności inżynierskiej w tym z dziedziny rysunku technicznego i grafiki inżynierskiej oraz analizy numerycznej	P6U_U	P6S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K1A_U11	budować modele różnych procesów technicznych oraz analizować je stosując metody analityczne, eksperymentalne oraz prowadzić symulacje tych procesów	P6U_U	P6S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K1A_U12	interpretować zjawiska społeczne (kulturowe, polityczne, prawne, ekonomiczne) w zakresie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych, właściwych dla studiowanego kierunku studiów	P6U_U	P6S_UK	NIE
Umiejętności: potrafi	K1A_U13	ma przygotowanie niezbędne do pracy w środowisku przemysłowym oraz zna zasady bezpieczeństwa związane z tą pracą	P6U_U	P6S_UO	TAK
Umiejętności: potrafi	K1A_U14	dokonać wstępnej analizy ekonomicznej podejmowanych działań inżynierskich	P6U_U	P6S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K1A_U15	modelować proste układy mechaniczne, prowadząc analizę ich pracy i stosując metody grafiki inżynierskiej	P6U_U	P6S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K1A_U16	rozwiązywać proste zagadnienia elektroenergetyki	P6U_U	P6S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K1A_U17	dobierać sposoby regulacji i sterowania dla prostych układów w energetyce	P6U_U	P6S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K1A_U18	dobierać typowe części maszyn i określić ich własności w tym ich wytrzymałość	P6U_U	P6S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K1A_U19	opisać przebieg procesów fizycznych i chemicznych z wykorzystaniem praw termodynamiki, transportu ciepła i masy oraz mechaniki płynów	P6U_U	P6S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K1A_U20	obliczyć wielkość emisji substancji szkodliwych do otoczenia z instalacji energetycznych	P6U_U	P6S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K1A_U21	określić wartości skumulowanych wskaźników zużycia energii i zasobów naturalnych dla pełnych ciągów technologicznych	P6U_U	P6S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K1A_U22	określić sprawność podstawowych maszyn i urządzeń energetycznych oraz prowadzić analizę wpływu wybranych parametrów procesu na jego wydajność i efektywność/sprawność energetyczną	P6U_U	P6S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K1A_U23	rozpoznać schematy technologii energetycznych	P6U_U	P6S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K1A_U24	stosować technologie energetyki odnawialnej	P6U_U	P6S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K1A_U25	dobierać urządzenia energetyczne w procesie projektowania układów w przemyśle energetycznym	P6U_U	P6S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K1A_U26	opracować i przedstawić projekt, system lub proces typowy dla energetyki cieplnej	P6U_U	P6S_UW	TAK
Umiejętności: potrafi	K1A_U27	sformułować i rozwiązać podstawowe problemy z zakresu studiowanej specjalności	P6U_U	P6S_UW	TAK

Umiejętności: potrafi	K1A_U28	ocenić skutki rozwiązań technicznych związanych ze studiowaną specjalnością	P6U_U	P6S_UW	TAK
Kompetencje społeczne: jest gotów do	K1A_K01	podnoszenia swoich kompetencji zawodowych i osobistych, rozumiejąc potrzebę uczenia się przez całe życie	P6U_K	P6S_UU	NIE
Kompetencje społeczne: jest gotów do	K1A_K02	oceny pozatechnicznych aspektów i skutków działalności inżynierskiej, w tym jej wpływu na środowisko, i wzięcia odpowiedzialności za podejmowane decyzje	P6U_K	P6S_KK	NIE
Kompetencje społeczne: jest gotów do	K1A_K03	współdziałania i pracy w grupie, przyjmując w niej różne role	P6U_K	P6S_UO	NIE
Kompetencje społeczne: jest gotów do	K1A_K04	określania priorytetów służących realizacji określonego przez siebie lub innych zadania	P6U_K	P6S_UK	NIE
Kompetencje społeczne: jest gotów do	K1A_K05	prawidłowej identyfikacji i rozstrzygnięcia dylematów związanych z wykonywaniem zawodu	P6U_K	P6S_KK	NIE
Kompetencje społeczne: jest gotów do	K1A_K06	myślenia i działania w sposób przedsiębiorczy	P6U_K	P6S_KO	NIE
Kompetencje społeczne: jest gotów do	K1A_K07	odpowiedzialnego pełnienia ról zawodowych, formułowania i przekazywania społeczeństwu, w szczególności poprzez środki masowego przekazu, informacji i opinii dotyczących osiągnięć techniki i innych aspektów działalności inżynierskiej; podejmowania starań, aby przekazać takie informacje i opinie w sposób powszechnie zrozumiały, mając świadomość społecznej roli absolwenta uczelni technicznej	P6U_K	P6S_KR	NIE

Sposoby weryfikacji i oceny efektów uczenia się osiągniętych przez studenta w trakcie całego cyklu kształcenia:

L.p.	Nazwa sposobu weryfikacji i oceny efektów uczenia się	Opis
1	Egzamin - ustny, opisowy, testowy	pytania otwarte, opisowe; krótkie pytania opisowe; testy jednokrotnego wyboru; testy wielokrotnego wyboru
2	Zaliczenie - ustne, opisowe, testowe	ptania otwarte, dialog z prowadzącym zajęcia (sprawdzenie poziomu zrozumienia, umiejętności analizy, syntezy i rozwiązywania problemów)
3	Kolokwium i kartkówki	pytania otwarte, opisowe; krótkie pytania opisowe; testy jednokrotnego wyboru; testy wielokrotnego wyboru
4	Przyg. projektu, referatu, eseju i prezentacji multimedialnych	pozyskiwanie materiałów naukowych ze źródeł analogowych i cyfrowych, ich opracowanie, krytyczna analiza oraz prezentacja np. na forum grupy ćwiczeniowej
5	Wykonanie sprawozdania laboratoryjnego	opracowanie techniczne na podstawie przeprowadzonego eksperymentu, krytyczna interpretacja uzyskanych wyników oraz postawienie wniosków, a także ich dyskusja na podstawie literatury
6	Wypowiedzi ustne, aktywność w dyskusji/debacie	wypowiedź na określony temat naukowy, weryfikująca wiedzę merytoryczną oraz kształtująca kompetencje miękkie
7	Rozwiązywanie zadań problemowych	rozwiązywanie zadań nietypowych, uczących kreatywnego myślenia, rozwijające pomysłowość oraz zdolność syntezy i weryfikacji danych
8	Analiza przypadków Case Study	szczegółowy opis rzeczywistego przypadku; służy sprawdzeniu umiejętności do wyciągania wniosków co do przyczyn i rezultatów przebiegu określonego przypadku oraz pokazaniu koncepcji wartych naśladowania lub unikania
9	Ocena pracy dyplomowej i egzaminu dyplomowego	zgodnie z Regulaminem studiów oraz Uczelnianą i Wydziałową Księgą Jakości Kształcenia

## Zajęcia

L.p.	Nazwa zajęć lub grupy zajęć	Liczba punktów ECTS	Efekty uczenia się (symbole)	Treści programowe zapewniające uzyskanie efektów uczenia się
1	Język angielski	8	K1A_U01, K1A_U03, K1A_U04, K1A_U05, K1A_U06	Tematyka/słownictwo, funkcje komunikacyjne i struktury gramatyczne zgodne z „Europejskim Systemem Opisu Kształcenia Językowego” na poziomie biegłości językowej B2 w oparciu o język specjalistyczny – techniczny
2	Wychowanie fizyczne			1. Gry zespołowe i sporty indywidualne jako środki wspierające rozwój psychofizyczny człowieka. 2. Poznanie elementów techniki (sporty indywidualne) i taktyki, sporty zespołowe.
3	Przedmiot humanistyczny	1	K1A_W21, K1A_U12, K1A_K01, K1A_K05, K1A_K07	Zależnie od wybranego przedmiotu.
4	Przedmiot ekonomiczny	3	K1A_W21, K1A_W22, K1A_W23, K1A_U12, K1A_U14, K1A_K06	Zależnie od wybranego przedmiotu.
5	Ochrona własności intelektualnych	1	K1A_W21, K1A_K02	Historia rozwoju ochrony własności intelektualnej. Omówienie prawa międzynarodowego. Omówienie prawa polskiego. Podstawowe pojęcia prawne, definicje. Ustawodawstwo polskie. Zakres prawa autorskiego (autorskie prawa osobiste, ochrona praw autorskich osobistych, autorskie prawa majątkowe, przeniesienie majątkowych praw autorskich, ochrona autorskich praw majątkowych, ograniczenie ochrony majątkowego prawa autorskiego). Prawa pokrewne (prawa do wykonań artystycznych; prawa do fonogramów i wideogramów, prawa do nadań programów przez organizacje radiowe i telewizyjne, prawa do pierwszych wydań, prawa do wydań naukowych i krytycznych, ochrona praw pokrewnych. Internet a prawo autorskie. Umowy na odległość, organizacje zbiorowego zarządzania prawami autorskimi lub prawami pokrewnymi. Intelektualna własność przemysłowa (patenty i wynalazki, ograniczenia patentowe, unieważnienie i wygaśnięcie patentu, licencje). Wzory użytkowe, wzory przemysłowe, znaki towarowe, oznaczenia geograficzne.

6 Matematyka	12	K1A_W01, K1A_U07	<p>Elementy logiki. Liczby zespolone. Macierze i wyznaczniki. Układy równań. Wektory. Geometria analityczna w przestrzeni . Rachunek różniczkowy funkcji jednej zmiennej.</p> <p>Działania na liczbach zespolonych. Działania na macierzach. Wyznaczanie wyznaczników. Rozwiązywanie układów równań liniowych. Działania na wektorach. Proste i płaszczyzny. Obliczanie granic ciągów liczbowych. Funkcja ciągła. Obliczanie pochodnych. Zastosowanie rachunku różniczkowego.</p> <p>Rachunek całkowy funkcji jednej zmiennej. Rachunek różniczkowy funkcji dwu zmiennych. Całka podwójna. Całka potrójna. Równania różniczkowe zwyczajne.</p> <p>Metody wyznaczania całki nieoznaczonej. Obliczanie całki oznaczonej. Zastosowanie całki oznaczonej. Ekstrema funkcji dwu zmiennych. Całka podwójna. Całka potrójna. Typy i sposoby rozwiązywania równań różniczkowych.</p>
7 Technologie informacyjne	2	K1A_W04, K1A_U01, K1A_U02, K1A_U10	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Przetwarzanie tekstu, przygotowanie tekstu technicznego.</li> <li>2. Arkusze kalkulacyjne: podstawy obliczeń inżynierskich.</li> <li>3. Grafika prezentacyjna.</li> <li>4. Obsługa baz danych.</li> </ol>
8 Fizyka	9	K1A_W02, K1A_W03, K1A_U08, K1A_U09, K1A_U19	<p>Mechnika punktu materialnego i bryły sztywnej.</p> <p>Kinematyka i dynamika ruchu punktu materialnego. Zasady dynamiki ruchu postępowego.</p> <p>Dynamika ruchu po okręgu. Ruch obrotowy. Dynamika ruchu obrotowego. Transformacja współrzędnych między układami odniesienia.</p> <p>Dynamika w nieinercjalnych układach odniesienia.</p> <p>Termodynamika i fizyka statystyczna.</p> <p>Podstawowe założenia teorii gazu doskonałego. Równanie stanu gazu doskonałego. Temperatura gazu i zerowa zasada termodynamiki.</p> <p>Energia wewnętrzna układu. Ciepło właściwe gazu doskonałego. Zasada ekwipartycji energii. Rozkład Boltzmanna prędkości cząsteczek gazu doskonałego. Wzór barometryczny.</p> <p>Zjawiska transportu w gazach rozrzedzonych: dyfuzja, przewodnictwo cieplne, lepkość.</p> <p>Podstawowe prawa elektrodynamiki i magnetyzmu.</p> <p>Elektrodynamika (Równania Maxwella, Prawo Gaussa, Prawo Ampera). Ruch ładunków w polu elektromagnetycznym. Akceleratory, spektrometry mas. Zjawisko Halla. Prawo Faradaya. Indukcja elektromagnetyczna. Silniki i prądnice. Równanie falowe pola elektromagnetycznego.</p> <p>Podstawy mechaniki kwantowej i budowy materii.</p> <p>Promieniowanie termiczne i rozkład widmowy energii promieniowania termicznego. Prawo Stefana-Boltzmann. Hipoteza kwantowa i wzór Plancka. Foton jako kwant energii fali elektromagnetycznej. Budowa atomu wg teorii Bohra. Mechanika kwantowa. Równanie Schroedingera.</p>



9 Chemia	8	K1A_W05, K1A_W08, K1A_U13, K1A_K03	<p>Pierwiastki chemiczne. Cząstki elementarne, liczba masowa i atomowa, izotopy, izobary. Okresowość właściwości fizycznych i chemicznych pierwiastków.</p> <p>Budowa atomu. Budowa jądra atomowego. Korpuskularny i falowy charakter elektronu. Zasada nieznaczoneści Heisenberga, równanie falowe Schrodingera. Liczby kwantowe. Zasady określania konfiguracji elektronowej w atomie danego pierwiastka (energia orbitali, Zakaz Pauliego, Reguła Hunda). Promieniotwórczość i przemiany jądrowe. Konfiguracja elektronowa pierwiastków. Energia jonizacji i powinowactwo elektronowe.</p> <p>Wiązania chemiczne. Przyczyny powstawania wiązań chemicznych. Wiązania jonowe. Wiązania atomowe (kwalencyjne, homojądrowe). Polarność wiązań. Wiązania koordynacyjne (semipolarne). Energia wiązań i ich długość. Wiązania międzycząsteczkowe - wodorowe. Elektrolity. Proces dysocjacji elektrolitycznej. Stopień dysocjacji i stała dysocjacji. Prawo rozcieńczeń Ostwalda. Iloczyn jonowy wody. Wykładnik jonów wodorowych. Reakcje jonowe. Iloczyn rozpuszczalności. Hydroliza soli. Roztwory buforowe. Protonowa teoria kwasów i zasad.</p> <p>Statyka chemiczna. Reakcje odwracalne i nieodwracalne. Stan równowagi chemicznej. Stała równowagi chemicznej, prawo działania mas. Reguła przekory 9Le Chateliera- Brauna) i jej interpretacja w odniesieniu do równowagi chemicznej.</p> <p>Kinetyka chemiczna. Szybkość reakcji chemicznej i równanie kinetyczne reakcji. Równania chemiczne reakcji prostych biegnących w układzie jednorodnym. Energia aktywacji, teoria zderzeń aktywnych Arrheniusa.</p> <p>Elektrochemia. Przewodnictwo elektrolityczne. Potencjał elektrochemiczny półogniwa. Szereg napięciowy metali. Ogniwa galwaniczne. Ogniwa wodorowe. Napięcie rozkładowe. Elektroliza wodnych roztworów elektrolitów i soli stopionych. Ilościowe ujęcie procesu elektrolizy. Akumulatory. Praktyczne zastosowanie elektrolizy. Korozja chemiczna i elektrochemiczna. Ochrona przed korozją. Równowagi fazowe. Reguła faz, równowaga pomiędzy fazami. Roztwory właściwe gazów w cieczy, cieczy w cieczy i ciał stałych w cieczy. Prawo Raoula.</p>
10 Grafika inżynierska	3	K1A_W07, K1A_U02	<p>Znormalizowane elementy rysunku technicznego. Elementy wymiarowania. Zasady odwzorowania utworów płaskich oraz utworów trójwymiarowych (rzuty Monge'a, aksonometria) wraz z zapisem ich cech geometrycznych. Ogólne zasady wymiarowania.</p> <p>Konstruowanie widoków, przekrojów i kładow. Geometryczne kształtowanie form inżynierskich z zastosowaniem wielościanów, brył i powierzchni. Zapis konstrukcji oraz oznaczanie elementów połączeń maszynowych. Chropowatość oraz falistość powierzchni. Oznaczanie powłok. Gospodarka rysunkowa. Zapis konstrukcji elementów płaskich. Zapis konstrukcji połączeń gwintowych – rurowych. Odtworzenie zapisu konstrukcji utworu trójwymiarowego.</p>
11 Informatyczne podstawy projektowania	5	K1A_W04, K1A_U02, K1A_U10, K1A_U11	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Środowisko programowania, przygotowanie kodu źródłowego, uruchamianie programu.</li> <li>2. Instrukcje wejścia-wyjścia.</li> <li>3. Funkcje wbudowane, funkcje obliczeniowe.</li> <li>4. Instrukcje sterujące: warunkowa, pętli.</li> <li>5. Graficzny interfejs użytkownika.</li> <li>6. Funkcje i procedury</li> </ol>
12 Mechanika techniczna	5	K1A_W02, K1A_W06, K1A_U07, K1A_U08, K1A_U15	<p>Fundamentalne prawa i założenia mechaniki; Statyka punktu materialnego; Wektory - rozkładanie wektora siły na składowe; Równowaga punktu materialnego; Siła w przestrzeni; Bryła sztywne; Moment siły względem punktu; Moment pary sił; Równoważne układy sił; Reakcje więzów w układach płaskich; Warunki równowagi bryły sztywnej; Reakcje więzów w układach przestrzennych; Kratownice; Siły wewnętrzne i momenty gnące w belkach; Kinematyka i dynamika punktu materialnego; Kinematyka bryły sztywnej.</p>

13 Elektrotechnika i elektronika	5	K1A_W08, K1A_W12, K1A_U09, K1A_U16	<p>Elektrotechnika. Prąd stały. Elementy i parametry obwodu elektrycznego. Prawa; Ohma, Kirchoffa, Joule’a. Rezystancja zastępcza. Twierdzenie Thevenina i Nortona. Analiza obwodów prądu stałego. Mostek. Kompensator. Praca równoległa źródeł. Elementy nieliniowe. Parametry prądu zmiennego. Elementy biernie RLC. Reaktancja. Impedancja. Metoda symboliczna. Wykresy wektorowe. Moce: czynna, bierna, pozorna i zespolona. Współczynnik mocy. Analiza obwodów prądu zmiennego. Rezonans szeregowy i równoległy. Sprężenia magnetyczne. Indukcja elektromagnetyczna. Indukcyjność wzajemna. Pole wirujące. Źródła i odbiorniki prądu trójfazowego. Napięcia, prądy i moce w obwodach trójfazowych. Zwarcia. Elektronika. Zjawiska fizyczne w półprzewodnikach. Półprzewodnikowe elementy biernie. Przyrządy elektroniczne bipolarne i unipolarne (diody, tranzystory, tyrystory). Czwórniki i parametry czwórnikowe. Układy scalone. Wzmacniacz operacyjny. Wzmacniacze mocy i generatory. Elementy przełączające. Bramki logiczne i przerzutniki. Układy cyfrowe. Multipleksery. Pamięci. Metody przetwarzania analogowo- cyfrowego.</p>
14 Podstawy metrologii i techniki eksperymentu	4	K1A_W03, K1A_W14, K1A_U09	<p>Znaczenie pomiarów i eksperymentu w procesie poznawczym. Badania naukowe, identyfikacja i opracowywanie opisu matematycznego procesów i zjawisk. Układy jednostek miar, wielkości mierzalne, układ jednostek i spójność układu SI, jednostki i wielkości pochodne, zasada tworzenia. Pojęcia i definicje metrologiczne. Charakterystyka przyrządów pomiarowych, fizyczne podstawy działania przyrządów pomiarowych. Pomiary podstawowych wielkości fizycznych. Niepewność pomiaru, niepewność standardowa wyznaczana metodą typu A i B, złożona niepewność standardowa. Podstawowe definicje wielkości statystycznych. Zasady planowania eksperymentu. Wybrane rozkłady prawdopodobieństwa: równomierny, normalny, przykłady zastosowań. Metoda regresji liniowej, korelacja, współczynnik korelacji. Testowanie hipotez statystycznych. Przykłady obliczeniowe. Technika pomiarów, pomiary temperatury metodami stykowymi, pomiary prędkości płynu w ruchu, pomiary gęstości ciał, pomiar ciśnień, liczniki przepływu, niepewność pomiaru bezpośredniego, niepewność pomiaru złożonego, przetworniki pomiarowe i standaryzujące, dyskretyzacja sygnałów ciągłych, użycie arkusza kalkulacyjnego do opracowania wyników pomiaru</p>
15 Maszyny energetyczne	5	K1A_W11, K1A_W17, K1A_U22	<p>Maszyny i urządzenia energetyczne: rodzaje i cel stosowania. Schemat najprostszej elektrowni węglowej oraz jądrowej z reaktorem PWR i BWR. Sprawność kotła parowego, elektrowni węglowej i jądrowej oraz elektrociepłowni. Schematy elektrociepłowni: z turbiną przeciwprężną oraz upustowo-kondensacyjną. Wpływ elektrowni i elektrociepłowni na środowisko. Efekty paliwowe i ekologiczne stosowania układów skojarzonych. Rodzaje kotłów, elementy kotłów, urządzenia współpracujące. Schemat kotła płomienicowego-płomieniówkowego. Schemat 2-ciągowego kotła parowego rusztowego i pyłowego. Schemat kotła fluidalnego z paleniskiem stacjonarnym oraz cyrkulacyjnym. Rodzaje paliw organicznych, wartość opałowa i ciepło spalania. Stosunek nadmiaru powietrza do spalania. Straty w kotle. Silniki spalinowe tłokowe: podstawowe rodzaje, zasada działania silnika ZI i ZS oraz ich sprawność. Rodzaje urządzeń chłodniczych. Schemat chłodziarki sprężarkowej gazowej i parowej. Cel stosowania i rodzaje pomp grzewczych. Efektywność chłodziarek i pomp grzewczych. Schemat kompletnego urządzenia klimatyzacyjnego. Ogólne wiadomości o turbinach cieplnych, stopień turbinowy, turbiny akcyjne i reakcyjne, podstawowe parametry i charakterystyki turbin, przykłady rozwiązań konstrukcyjnych turbin parowych i gazowych, elementarne układy regulacji i zabezpieczeń turbin. Skraplacze turbin. Układy chłodzenia skraplaczy. Podstawowe wiadomości o sprężarkach i wentylatorach, podział sprężarek, przykłady konstrukcji sprężarek wyporowych, wirnikowych oraz specjalnych, charakterystyki sprężarek, zastosowanie sprężarek różnych typów. Ogólne wiadomości o pompach, ich podział i budowa, parametry pracy pomp, regulacja wydajności pomp wirowych, zastosowanie pomp. Rodzaje odnawialnych źródeł energii. Rodzaje elektrowni wodnych. Zasada działania i budowa turbin wodnych. Elektrownie wiatrowe. Budowa turbin wiatrowych. Podstawowe wiadomości o rurociągach, armaturze i aparaturze kontrolno – pomiarowej w siłowniach cieplnych.</p>

16 Wytrzymałość materiałów	6	K1A_W06, K1A_W10, K1A_U18	<p>Sily wewnętrzne w prętach, pojęcia naprężenia i odkształcenia. Własności mechaniczne materiałów, wykres rozciągania. Związki fizyczne. Rozciąganie i ściskanie prętów, układy prętowe. Skręcanie prętów. Zginanie prętów prostych. Oś ugięta belki. Ścinanie prętów. Wyboczenie prętów. Podstawy teorii stanu naprężenia i odkształcenia. Wyteżenie materiału, hipotezy wyteżeniowe. Wytrzymałość złożona prętów. Naprężenia termiczne. Powłoki osiowo - symetryczne i rury grubościennne. Tarcze wirujące i płyty kołowo - symetryczne. Zmęczenie materiału. Metody numeryczne w wytrzymałości materiałów.</p>
17 CAD	3	K1A_W07, K1A_U03, K1A_U10, K1A_U15	<p>AutoCAD: wprowadzenie do tematyki CAD CAM, komunikacja z programem AutoCAD, konfiguracja rysunku, warstwy rysunkowe, elementy rysunku 2D, sposoby określenia położenia rysunku, rysowanie precyzyjne, transformacje układu współrzędnych, modyfikacja elementów rysunkowych, napisy, styl pisma, kreskowanie, wymiarowanie rysunku, styl wymiarowy, edycja wymiarów, bloki rysunkowe, atrybuty tekstowe, bloki z atrybutami, własny szablon rysunku, kompozycja i wydruk rysunku z przestrzeni modelu, pozyskiwanie informacji od AutoCADa, wykorzystanie AutoCADa do rozwiązywania przykładowych zagadnień technicznych. SolidWorks: tworzenie części (wykonywanie szkiców, nadawanie relacji w szkicu, wprowadzanie zależności funkcyjnych między wymiarami, poznanie podstawowych operacji wykorzystywanych do modelowania 3D, operacje na bryłach, tworzenie nowych płaszczyzn, tworzenie konfiguracji oraz tabel konfiguracji), tworzenie złożeń (wiązanie wcześniej przygotowanych części w celu utworzenia złożenia, korzystanie z Toolbox, badanie ruchu, wykrywanie kolizji, animacje komputerowe), tworzenie rysunku technicznego 2D części i złożenia, tworzenie realistycznych wyglądów części i złożeń za pomocą PhotoView 360.</p>
18 Maszyny elektryczne	3	K1A_W08, K1A_W14, K1A_U16, K1A_K03	<p>Definicje, energia elektryczna, dane znamionowe, materiały budowlane. Transformatory: konstrukcja, zasada działania, bilans mocy i strat, połączenia uzwojeń; przesunięcie fazowe, praca równoległa, charakterystyka, obwód zastępczy, specjalne transformatory: autotransformator; transformator przyrządowy. Pola obrotowe: metody produkcji, rodzaje, właściwości. Maszyny indukcyjne: konstrukcja, równoważne obwody pierścieni ślizgowych i maszyna klatkowa, charakterystyka i wykresy, tabliczka znamionowa i tablica zaciskowa; rodzaje uzwojenia, rozruch, regulacja prędkości. Falowniki i konwertery. Budowa maszyn synchronicznych cylindrycznych i wyróżniających się maszyn wirnikowych, schematów, charakterystyk, synchronizacji, układów wzbudzenia. Maszyny prądu stałego: projektowanie, schematy, charakterystyka, konfiguracja szczotek i rodzaje komutacji, tabliczka znamionowa i tablica zaciskowa, właściwości dynamiczne, zasilanie, rozruch i kontrola prędkości.</p>
19 Ochrona środowiska w energetyce	3	K1A_W05, K1A_W15, K1A_W16, K1A_U20, K1A_K02	<p>Energetyka a środowisko naturalne – różnorodność oddziaływań, definicja zanieczyszczenia. Procesy spalania paliw, ich rola w energetyce, rodzaje zanieczyszczeń powstających w trakcie spalania, szkodliwość substancji zanieczyszczających środowisko. Regulacje prawne ochrony środowiska. Technologie ochrony powietrza przed zanieczyszczeniami ze spalania paliw: procesy oczyszczania paliw, metody zapobiegania powstawaniu zanieczyszczeń stałych i gazowych, pierwotne i wtórne metody zmniejszania emisji SO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub>, techniki odpylania gazów spalinowych. Ochrona środowiska przed odpadami stałymi. Paliwa – przebieg spalania, powstające zanieczyszczenia. Fluidyzacja – charakterystyka procesu. Spalanie paliwa gazowego. Oczyszczanie wody technikami wymiany jonowej. Zastosowanie technik membranowych do oczyszczania ścieków przemysłowych.</p>

20 Podstawy konstrukcji maszyn	5	K1A_W07, K1A_W10, K1A_U15, K1A_U18	<p>Wprowadzenie do konstrukcji maszyn:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Projektowanie i konstruowanie. Cechy konstrukcyjne. Zasady oceny konstrukcji maszyn - kryteria konstrukcyjne.</li> <li>Opis konstrukcji. Tolerancja wymiarów. Pasowania. Oznaczenie chropowatości.</li> </ul> <p>Podstawy obliczeń wytrzymałościowych elementów maszyn:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rodzaje obciążeń elementów maszyn. Liczba bezpieczeństwa. Wpływ karbu i wielkości elementów na wytrzymałość przy obciążeniu zmiennym.</li> </ul> <p>Połączenia elementów maszyn:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Połączenia gwintowe. Tarcie w połączeniu gwintowym. Obciążenie gwintu. Obliczenia wytrzymałościowe śrub.</li> <li>Połączenia spawane. Rodzaje spoin. Zasady obliczeń wytrzymałościowych spoin czołowych i pachwinowych.</li> <li>Połączenia kształtowe. Wpusty i wielowypusty.</li> </ul> <p>Łożyska:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Łożyska toczne i ślizgowe. Klasyfikacje i rodzaje łożysk tocznych. Zagadnienia luzów i pasowań łożysk. Obciążenia, nośność i trwałość łożysk. Ogólne zasady doboru łożysk. Graniczna prędkość obrotowa.</li> </ul> <p>Wały maszynowe</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Przykłady konstrukcji wałów i osi. Obliczenia wytrzymałościowe. Osadzanie elementów na wałach maszynowych.</li> </ul>
21 Materiały konstrukcyjne i eksploatacyjne	4	K1A_W10, K1A_U18	<p>Znaczenie materiałów inżynierskich w budowie i eksploatacji maszyn. Materia i jej składniki. Ogólna charakterystyka materiałów. Budowa materiałów: wiązania chemiczne, struktury, defekty struktury krystalicznej. Wpływ struktury na własności. Wykresy równowagi fazowej. Kształtowanie struktury i własności materiałów inżynierskich metodami technologicznymi: podstawy obróbki cieplnej, cieplno-chemicznej i cieplno-mechanicznej. Materiały techniczne naturalne i inżynierskie. Własności i właściwości materiałów, zastosowania.</p> <p>Zasady doboru materiałów inżynierskich w budowie maszyn. Podstawy projektowania materiałowego. Stale i odlewnicze stopy żelaza. Metale nieżelazne i ich stopy. Materiały spiekane i ceramiczne. Szkła i ceramika szklana. Materiały polimerowe, kompozytowe, biomimetyczne, inteligentne i funkcjonalne. Metody badania materiałów. Warunki pracy i mechanizmy zużycia i dekohezji materiałów inżynierskich. Elementy komputerowej nauki o materiałach oraz komputerowego wspomaganie projektowania materiałowego oraz doboru materiałów.</p>

22	Termodynamika techniczna	11	K1A_W12, K1A_W13, K1A_U11, K1A_U19	<p>Podstawowe wielkości i jednostki miar: układ SI, masa, ilość i strumień substancji, ciśnienie (bezwzględne, manometryczne, statyczne), praca, ciepło, energia, moc, OZT, temperatura, wielkości właściwe, gęstość, lepkość, energia wewnętrzna, entalpia, entropia, udziały składnikowe.</p> <p>Zasady i prawa termodynamiczne, zasada zachowania substancji.</p> <p>I zasada termodynamiki – zasada zachowania energii: sformułowanie ogólne, przypadki szczególne, sposoby przekazywania energii, energia układu, PM I rodzaju, praca bezwzględna, techniczna i użyteczna, moc napędowa pompy, ciepło doprowadzone, energia strumienia – entalpia, ciśnienie dynamiczne, IZT dla układu zamkniętego, bilans maszyny przepływowej, sprawność wewnętrzna i mechaniczna.</p> <p>Rodzaje urządzeń cieplnych i ich sprawności (efektywności): silnik cieplny, chłodziarka (ziębiarka), pompa grzewcza (pompa ciepła).</p> <p>Gazy doskonałe i półdoskonałe: definicje, termiczne równanie stanu (prawo Clapeyrona), kaloryczne równania stanu, pojemności cieplne właściwe, wykładnik adiabaty, prawo ekwipartycji energii, obliczanie entalpii i entropii, ładowanie zbiornika.</p> <p>Przemiany gazowe: izoterma, izobara, izochora, politropa, adiabata odwracalna g.d., przemiany nieodwracalne – dławienie, mieszanie (dyfuzja), adiabata nieodwracalna.</p> <p>Obiegi termodynamiczne: definicja i rodzaje, układ T,S (T,s), charakterystyczne pola na wykresach p,V oraz T,S, obieg Carnota i jego sprawność (efektywność), wykresy obiegu Braytona, Joule’a, Otto, Diesla oraz Seiligera-Sabathego.</p> <p>Termodynamika pary wodnej: reguła faz Gibbsa, wykres p,T, izobaryczny proces odparowania H<sub>2</sub>O, ciśnienie i temperatura nasycenia, stopień suchości, entalpia parowania, tablice parowe, wykresy parowe – p,v, T,s, i,s, wyznaczanie objętości, entalpii i entropii właściwej dla ciekłej wody, pary nasyconej mokrej oraz pary przegrzanej, przemiana adiabatyczna i dławienie pary wodnej.</p> <p>Elektrownie i elektrociepłownie parowe: schemat elektrowni węglowej, obieg Clausiusa-Rankine’a – przebieg przemian w układzie T,s oraz i,s, sprawność obiegu C-R, siłowni parowej i elektrowni węglowej, możliwości podwyższania sprawności obiegu C-R i siłowni parowej, elektrociepłownie z turbinami przeciwprężnymi i kondensacyjno-upustowymi.</p>
				<p>Spalania paliw węglowych i węglowodorowych: pojęcia podstawowe, skład paliw, zapotrzebowanie powietrza do spalania, stosunek nadmiaru powietrza, skład spalin suchych i wilgotnych, energia chemiczna paliw – wartość opałowa i ciepło spalania.</p> <p>II zasada termodynamiki: przykładowe sformułowania szczegółowe, sformułowania ogólne – zasada wzrostu entropii, PM II rodzaju, definicje egzergii, egzergia termiczna, prawo Gouy’a-Stodoli.</p> <p>Gazy wilgotne: równanie termiczne i kaloryczne, wykres entalpia-stopień zawilżenia, izobaryczne przemiany gazu wilgotnego, chłodnia kominowa, klimatyzacja.</p> <p>Ziębiarki i pompy ciepła: obieg Lindego, czynniki ziębnicze, wykres logarytm ciśnienia-entalpia, obiegi wielostopniowe ziębiarek, ziębiarki absorpcyjne.</p> <p>Siłownie parowe: sposoby zwiększania sprawności obiegu Clausiusa Rankina, siłownie jądrowe, elektrociepłownie. Tłokowe silniki spalinowe, obiegi Otto i Diesla i ich sprawności. Silniki turbogazowe: obieg Barytona z regeneracją, obieg Ericssena, silniki turbodrzutowe.</p>
23	Mechanika płynów	6	K1A_W13, K1A_U19	<p>Przedmiot mechaniki płynów i podstawowy jej podział. Własności płynów. Siły działające w płynach. Warunki równowagi. Prawo Pascala. Ciśnienie hydrostatyczne. Napór hydrostatyczny. Wypór, zasada Archimedesesa. Równanie ciągłości przepływu. Podstawowe równania ruchu płynów nielepkich. Równanie Bernoulliego. Ciśnienie dynamiczne. Pomiar strumienia przepływu. Wypływ cieczy ze zbiornika. Czas opróżniania zbiornika z cieczą. Równania ruchu płynów lepkich. Podobieństwo dynamiczne przepływów. Opór w przepływie. Przepływy laminarne i turbulenty. Obliczanie strat w przepływach. Wybrane zagadnienia przepływów płynu ściśliwego.</p>

24 Technologie energetyczne

5

K1A\_W18,  
K1A\_W25,  
K1A\_U22,  
K1A\_U23,  
K1A\_U25,  
K1A\_U26

Zasoby paliw i energii. System energetyczny i ochrony środowiska. Podsystem elektroenergetyczny. Wykresy zapotrzebowania. Energetyka a środowisko (w tym problematyka CO<sub>2</sub>). Rodzaje paliw, ich ogólna charakterystyka. Dolne i górne wartości opałowe. Charakterystyka procesów konwersji energii paliw. Łańcuchy przemian w procesach generacji elektryczności i ciepła. Pojęcia sprawności obiegów i układów otwartych. Rodzaje silników przepływowych (turbiny parowe, turbiny gazowe, turbiny wiatrowe, turbiny wodne). Siłownie parowe (schemat cieplny i układ technologiczny, sposoby karnotyzacji obiegu, sprawność netto i brutto siłowni kondensacyjnej, sposoby oczyszczania spalin). Stacjonarne instalacje turbin gazowych. Hierarchiczne kombinowane układy energetyczne z turbiną gazową (pojęcie hierarchiczności, układy gazowo-parowe, charakterystyka kotłów odzyskowych, układy węglowe z turbiną gazową). Wielopaliwowe układy kombinowane. Podstawy energetyki jądrowej. Podziału reaktorów jądrowych. Instalacje siłowni jądrowych charakterystyczne dla poszczególnych rodzajów reaktora (klasyfikacja, schematy, parametry). Podstawy działania ogniw paliwowych, klasyfikacja, podstawowe bilanse i charakterystyki pracy. Instalacje turbin wiatrowych. Farmy wiatrowe. Określenie mocy i sprawności turbiny wiatrowej. Związek między mocą turbiny a charakterystykami aerodynamicznymi płatów wirnika. Budowa turbin wiatrowych różnych typów. Podstawy konwersji promieniowania elektromagnetycznego słońca, klasyfikacja. Elektrownie solarne dużej mocy jako element systemu elektroenergetycznego (elektrownie wieżowe, duże el. słoneczne). Wykorzystanie energii hydrotermalnej do wytwarzania energii elektrycznej. Zastosowanie biomasy w układach energetycznych dużej mocy (współspalanie, zgazowanie, układy wielopaliwowe). Układy hybrydowe.

25 Przesyłanie energii elektrycznej

2

K1A\_W11,  
K1A\_W12,  
K1A\_U16,  
K1A\_K02

System elektroenergetyczny: zadania, elementy składowe (podsystemy), struktura mocy zainstalowanej w elektrowniach. Struktura sieci elektroenergetycznych w Polsce, przepływ energii w KSE. Zadania sieci przesyłowej i sieci rozdzielczych, napięcia znamionowe sieci. Stacje elektroenergetyczne: zadania, elementy składowe, przykładowy schemat rozdzielni. Rodzaje i zadania łączników wysokiego napięcia. Rodzaje i zadania transformatorów energetycznych, układy połączeń transformatorów 3-fazowych stosowanych w polskiej elektroenergetyce. Linie napowietrzne: zadania, elementy składowe (budowa), właściwości materiałów stosowanych na przewody. Zdolność przesyłowa linii napowietrznych o różnych napięciach znamionowych, pole elektryczne w otoczeniu linii. Linie kablowe: zastosowanie kabli elektroenergetycznych, budowa kabli, właściwości materiałów elektroizolacyjnych. Schemat zastępczy linii przesyłowej, parametry R, X, G i B linii. Starta i spadek napięcia w linii przesyłowej, wykres wektorowy prądów i napięć dla odcinka linii. Straty mocy czynnej i biernej w linii przesyłowej, moc naturalna linii przesyłowej. Rozpływ prądu w torze dwustronnie zasilanym, prąd składowy i wyrównawczy, punkt spływu prądów, rozkład napięcia w torze. Prąd dopuszczalny długotrwale przewodów gołych i izolowanych. Przebieg temperatury przewodów w stanach niestabilnych, stała czasowa nagrzewania przewodów. Obliczanie prądu początkowego zwarcia 3-fazowego. Przebieg czasowy prądu zwarciovego przy zwarciu odległym i przy zwarciu bliskim, składowa okresowa i nieokresowa prądu zwarciovego. Obliczanie pochodnych wielkości zwarciovych (prąd udarowy, prąd wyłączeniowy symetryczny, prąd zastępczy cieplny). Zwarcie doziemne w sieci z izolowanym punktem neutralnym. Zwarcie doziemne w sieci skompensowanej. Zabezpieczenia elektroenergetyczne: zadania, wymagania, rodzaje, budowa bezpiecznika topikowego i wyłącznika samoczynnego. Charakterystyki czasowo-prądowe bezpieczników i wyłączników samoczynnych niskiego napięcia. Zasady zabezpieczania przewodów i kabli, selektywność działania zabezpieczeń szeregowych. Zabezpieczenia silników: przeciążeniowe, zwarciovie i podnapięciowe. Zabezpieczenia transformatorów od zwarc wewnątrznych i zewnętrznych. Zabezpieczenia linii, rezerwowanie się zabezpieczeń. Układy sieci niskiego napięcia TN-C, TN-S, TT oraz IT; cechy poszczególnych układów. Instalacje elektryczne: zadania, elementy składowe, przykładowe wykonanie. Dobór przewodów i zabezpieczeń w instalacjach elektrycznych. Ochrona przeciwporażeniowa: zadania, możliwości realizacji, rodzaje ochron, klasy ochronności urządzeń elektrycznych. Ochrona przeciwporażeniowa przez szybkie wyłączenie zasilania w sieci TN przy zastosowaniu bezpieczników, wyłączników instalacyjnych lub wyłączników różnicowo-prądowych.

26 Woda i ścieki w energetyce	3	K1A_W15, K1A_W18, K1A_U11, K1A_U26	<p>Parametry jakości wody i ścieków – metody analityczne.</p> <p>Wymagania jakości wody stosowanej w układach chłodzenia oraz do celów kotłowych, wraz ze znajomością sposobów przygotowywania wody na w/w cele.</p> <p>Rodzaje powstających ścieków w trakcie produkcji energii w elektrowni, zapoznanie ze skutkami negatywnymi wprowadzenia ścieków nieoczyszczonych do środowiska oraz zaznajomienie z głównymi metodami służącymi do ich oczyszczenia.</p>
27 Gospodarka odpadami i recykling	3	K1A_W15, K1A_W20, K1A_U14, K1A_U27	<p>Podstawowe definicje i systematyki odpadów i surowców wtórnych. Sposoby zagospodarowania odpadów. Zasady i cele recyklingu. Selektywna zbiórka odpadów jako podstawowy element recyklingu odpadów komunalnych. Systemy recyklingu i odzysku: szkła, papieru i tektury, tworzyw sztucznych, metali, frakcji organicznych. Aspekty prawne recyklingu, opłata produktowa, opłata depozytowa, poziomy odzysku i recyklingu odpadów komunalnych. Aspekty ekonomiczne gospodarki odpadami. Ocena efektywności wykorzystania odpadów jako surowców wtórnych.</p>
28 Podstawy automatyki	4	K1A_W09, K1A_W14, K1A_U09, K1A_U17	<p>Pojęcia podstawowe: sterowanie, sygnały, człony automatyki, sprzężenie zwrotne. Linearyzacja. Rachunek operatorowy. Zapis własności dynamicznych. Elementy automatyki. Schematy blokowe, łączenie elementów automatyki. Zamknięty układ regulacji. Stabilność i jakość regulacji. Regulatory. Dobór optymalnych parametrów regulatora. Układy automatycznej regulacji: statyczne i astatyczne. Równania bilansowe prostych układów automatyki. Rachunek operatorowy, Linearyzacja, Obliczanie transmitancji typowych elementów automatyki, Charakterystyki czasowe i częstotliwościowe, równanie zamkniętego układu regulacji, Obliczanie uchybu statycznego, Badanie stabilności układu regulacji. Obliczanie przebiegu regulacji.</p>
29 Transport ciepła i masy	6	K1A_W12, K1A_W13, K1A_U09, K1A_U19	<p>Podstawowe pojęcia i definicje. Przewodzenie ciepła. Przewodzenie jednowymiarowe i przenikanie ciepła. Przewodzenie ciepła w żebrach i prętach. Istota konwekcji. Konwekcja wymuszona i naturalna. Konwekcja przy zmianie fazy. Postawy transportu masy. Rodzaje wymienników ciepła i ich budowa. Obliczenia projektowe i sprawdzające wymienników ciepła. Podstawowe wiadomości o promieniowaniu cieplnym.</p>
30 Eksploatacja instalacji energetycznych	3	K1A_W11, K1A_W17, K1A_U22, K1A_U23	<p>Podstawy teorii eksploatacji</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pojęcia ogólne. Stany eksploatacji. Cel eksploatacji instalacji energetycznych. Kryteria trwałości i efektywności oceny sposobu prowadzenia eksploatacji. Składowe systemu eksploatacji instalacji energetycznych.</li> <li>• Współpraca maszyn i urządzeń podczas eksploatacji. Wpływ warunków eksploatacji na pracę maszyn i urządzeń.</li> </ul> <p>Diagnostyka</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pojęcie stanu technicznego. Zakres diagnostyki. Metody określania aktualnego stanu technicznego z wykorzystaniem mierzalnych i niemierzalnych symptomów stanu. Zmiany symptomów stanu w dłuższych okresach eksploatacji.</li> </ul> <p>Pomiary w instalacjach energetycznych</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zakres pomiarów. Typowe systemy pomiarowe dla poszczególnych elementów instalacji energetycznych. Systemy zabezpieczeń.</li> <li>• Metody przetwarzania i archiwizacji wartości uzyskanych z pomiarów.</li> </ul> <p>Wskaźniki eksploatacyjno-ekonomiczne</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Podstawowe charakterystyki energetyczne instalacji. Współpraca maszyn i urządzeń w sieciach równoległych i szeregowych. Pojęcie punktu pracy.</li> <li>• Charakterystyki głównych maszyn i urządzeń w instalacjach energetycznych (turbina, wymiennik regeneracyjny, skraplacz itp.).</li> </ul> <p>Zabezpieczenie instalacji przed zniszczeniem</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kryterium naprężeń i odkształceń dopuszczalnych. Kryterium nośności granicznej. Procesy zmęczenia i pełzania. Charakterystyki zmęczeniowe i pełzaniowe. Pojęcie zużycia elementu.</li> </ul> <p>Nadzór ciepło-wytrzymałościowy</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metody kontroli stanu wytrzymałościowego w stanach ustalonych i niustalonych. Kryteria temperaturowe. Charakterystyki rozruchowe.</li> </ul>

31 Gospodarka energetyczna	4	K1A_W16, K1A_W19, K1A_W20, K1A_U21	Zasoby energii pierwotnej; uzgadnianie bilansów substancji i energii; analiza energetyczna; analiza egzegetyczna; rachunek skumulowanego zużycia energii; metoda Pinch; bieżące problemy sektora energetycznego. Rozwiązywanie bilansów substancji i energii dla złożonych układów energetycznych; walidacja wyników pomiarów; obliczanie energii fizycznej i chemicznej; wyznaczanie wskaźników energochłonności skumulowanej.
32 Inżynieria finansowa w energetyce	3	K1A_W16, K1A_W21, K1A_W22, K1A_U12, K1A_U14	Inwestycje – cele, możliwości lokowania kapitału, ryzyko inwestycyjne. Przepływy pieniężne i ich składniki. Metody amortyzacji. Składniki środków inwestycyjnych. Koszty stałe i zmienne. Koszty korzystania ze środowiska. Zasady rachunku dyskonta. Wskaźniki efektywności ekonomicznej projektów. Kryteria opłacalności. Parametry techniczne instalacji a opłacalność projektu. Analiza wrażliwości. Wpływ stopy dyskonta na opłacalność inwestycji. Szacowanie nakładów inwestycyjnych. Metody finansowania przedsięwzięć inwestycyjnych. Płynność finansowa. Analiza opłacalności w projektach modernizacyjnych. Etapy analizy techniczno-ekonomicznej projektu. Elementy audytu energetycznego. Uwarunkowania opłacalności projektów w energetyce i ochronie środowiska: - czynniki makroekonomiczne; - czynniki mikroekonomiczne; - regulacje prawne. Przykłady analiz opłacalności projektów inwestycyjnych.
33 Alternatywne źródła energii	2	K1A_W16, K1A_W18, K1A_W19, K1A_U24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Charakterystyka systemów wytwarzania energii. Systemy wytwarzania energii a środowisko naturalne. Ogólna charakterystyka odnawialnych źródeł energii.</li> <li>• Energia geotermalna. Wykorzystanie energii geotermalnej w procesie produkcji energii elektrycznej i ciepła oraz w systemach wentylacyjnych. Pompy ciepła. Zastosowanie pomp ciepła w systemach ogrzewania. Źródła ciepła pomp grzewczych.</li> <li>• Energia promieniowania słonecznego. Pasywne i aktywne systemy wykorzystania energii promieniowania słonecznego. Kolektory słoneczne. Ogniwa fotowoltaiczne. Elektrownie słoneczne. Możliwości wykorzystania energii słonecznej w Europie i w Polsce.</li> <li>• Biomasa i biopaliwa. Układy wytwarzania energii elektrycznej i ciepła grzewczego wykorzystujące biomasę. Możliwości pozyskania energii z odpadów komunalnych i przemysłowych.</li> <li>• Energetyka wodna. Energia pływów, fal i prądów morskich. Energia termiczna mórz i oceanów.</li> <li>• Energetyka wiatrowa. Zasada działania siłowni wiatrowych. Stan obecny i możliwości rozwoju energetyki wiatrowej.</li> <li>• Aspekty ekologiczne i ekonomiczne wykorzystania odnawialnych źródeł energii.</li> </ul> Laboratorium <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analiza energetyczna procesu współspalania paliwa stałego i biomasy.</li> <li>• Badanie ogniwo fotowoltaicznych i generatorów wodoru.</li> <li>• System monitorowania budynku zasilanego sprężarkową parową pompą ciepła.</li> <li>• Prezentacja rzeczywistych instalacji wykorzystujących odnawialne źródła energii (wizyta w Zakładzie Doświadczalnym Instytutu Zootechniki Państwowego Instytutu Badawczego w Kostkowicach i instalacji wykorzystującej gaz wysypiskowy).</li> </ul>
<b>SPECJ.: PROCESY I SYSTEMY ENERGETYCZNE</b>			
34 Measurements of energy quantities	4	K1A_W14, K1A_U09	Classification of measurements. The measuring process, uncertainties and errors. Measuring instruments and they construction. Measurement methods. Parameters characterizing the measured physical quantities. Measuring transducers and their properties. Measurement of energy quantities: temperature, level, flow rate, mechanical power, concentration and chemical composition of the substance, heating value, relative humidity.



35 Elektroenergetyka	5 K1A_W08, K1A_W12, K1A_U11, K1A_U16, K1A_U25, K1A_K04	<p>Ogólna charakterystyka systemu elektroenergetycznego. Struktura sieci przesyłowej i rozdzielczej. Struktura mocy i energii elektrycznej. Układy elektryczne elektrowni.</p> <p>Obliczenia sieciowe: wyznaczanie rozpyły prądów (mocy) w prostych układach sieciowych, obliczenia spadków napięcia, zasady regulacji napięcia w SEE.</p> <p>Obliczenia prądów zwarciovych przy zwarciach międzyfazowych, sposoby pracy punktu gwiazdowego krajowych sieci elektroenergetycznych.</p> <p>Zabezpieczenia elektroenergetyczne: podstawowe informacje, typy zabezpieczeń, kryteria wykrywania zakłóceń.</p> <p>Zmienność obciążenia w SEE, grafiki obciążeń i ich analiza. Podstawowe pojęcia. Tworzenie się grafiku obciążenia elektrycznego.</p> <p>Wielkości opisujące. Podział grafików. Przegląd przykładowych obciążeń dla KSE, zakładów przemysłowych, gospodarstwa domowych, osiedli. Prognozowanie obciążeń.</p> <p>Straty mocy i energii w układach elektrycznych, minimalizacja strat w eksploatacji. Bilans energetyki zawodowej. Systematyka strat.</p> <p>Zasady i zależności wyznaczania strat mocy i energii. Wielkości opisujące. Praca równoległa transformatorów. Analizy ekonomiczne połączone z wykorzystaniem oszacowań strat mocy i energii.</p> <p>Gospodarka mocą bierną, kompensacja mocy biernej. Definicja mocy biernej i sposób wyznaczania. Bilans mocy biernej w KSE. Odbiorniki mocy biernej, ich charakter i charakterystyki. Skutki poboru mocy biernej. Regulacja mocy biernej. Możliwości kompensacji mocy biernej. Urządzenia kompensujące. Zasady rozliczeń za energię bierną. Awarie wynikające z niezbilansowania mocy biernej.</p> <p>Parametry prądu zwarciovego według normy PN-EN 60909.</p> <p>Układy stacji, wyposażenie stacji i pól, rozdzielnice, dobór aparatury stacyjnej.</p> <p>Nagrzewanie torów prądowych w różnych stanach pracy elementów układu elektroenergetycznego.</p>
36 Czyste technologie energetyczne	5 K1A_W11, K1A_W15, K1A_W25, K1A_U20, K1A_U22, K1A_K02	<p>Techniczna oraz ekologiczna charakterystyka paliw kopalnych, w tym głównie gazu ziemnego oraz węgla kamiennego i brunatnego, zasoby oraz źródła ich pozyskiwania dla krajowego systemu elektroenergetycznego, czyste technologie węglowe: nadkrytyczne bloki węglowe, układy zintegrowane ze zgazowaniem węgla, bloki oxy, technologie energetyczne wykorzystujące gaz ziemny, turbiny gazowe: klasyfikacja, wskaźniki efektywności pracy oraz metodologia ich obliczania, podstawowe wielkości charakterystyczne, elektrownie oraz elektrociepłownie gazowo-parowe, integracja bloków energetycznych z instalacjami wychwytu dwutlenku węgla, wskaźniki efektywności pracy układów energetycznych oraz metodologia ich obliczania, charakterystyki obiektów krajowych.</p>
37 Fuels and combustion	3 K1A_W03, K1A_W05, K1A_W13, K1A_W19, K1A_U09, K1A_U19	<p>Importance of combustion technologies. Energy balance of combustion processes. Calorimetric temperature. Fossil fuels and secondary fuels. Elemental composition, basic properties.</p> <p>Types of combustion processes. Chemical reactions of combustion. Normal burning velocity. Premixed turbulent combustion. Diffusion flames. Ignition of combustible mixture. Ignition limits. Combustion of liquids. Combustion of solid fuels. Basic types of burners.</p>
38 Podstawy energetyki komunalnej	1 K1A_W12, K1A_W15, K1A_W16, K1A_W17, K1A_W20, K1A_U24, K1A_K02	<p>Grupy potrzeb. Charakterystyka energetyczna i ekologiczna paliw stosowanych w energetyce komunalno-bytowej. Wykorzystanie energii elektrycznej. Taryfy opłat za paliwa media i energię elektryczną. System ciepłowniczy: źródła, przesył, transformacja i regulacja zaopatrzenia w ciepło.</p> <p>Techniczne i pozatechniczne uwarunkowania energetyki komunalnej. Analiza czynników wpływających na zużycie energii i mediów.</p> <p>Zasady komunalnej polityki ekoenergetycznej. Założenia do planów oraz plany zaopatrzenia gmin w ciepło, energię elektryczną i gaz.</p> <p>Zasady zarządzania energią i mediami w obiektach i zespołach obiektów komunalnych: systemy zarządzania, platforma informatyczna, metody oceny uzyskiwanych efektów technicznych i ekonomicznych (benchmarking, metoda charakterystyk energetycznych), przykłady uzyskiwanych rezultatów. Świadectwa charakterystyki energetycznej obiektów. Efekty ekologiczne i społeczne programów obniżania niskiej emisji w gminach. Układy terytorialne.</p>

39 Elektrociepłownie i ciepłownie	1	K1A_W17, K1A_W18, K1A_W20, K1A_W24, K1A_U22, K1A_U25	Definicja skojarzonego wytwarzania ciepła i elektryczności, uregulowania prawne Polski i UE w zakresie kogeneracji, charakterystyka podsystemu ciepłno-energetycznego, przykłady układów elektrociepłowni i ciepłowni w Polsce i na świecie, bilans energetyczny układów elektrociepłowni i ciepłowni, wskaźniki oceny energetycznej elektrociepłowni i ciepłowni, oddziaływania elektrociepłowni i ciepłowni na środowisko naturalne.
40 Modelowanie systemów energetycznych	4	K1A_W17, K1A_W17, K1A_W18, K1A_U10, K1A_U11, K1A_U23, K1A_U25, K1A_U26	<p>odele analityczne i empiryczne: metody opracowania, wady i zalety, ograniczenia w zastosowaniu. Pozyskiwanie danych pomiarowych z systemu DCS dla identyfikacji modeli empirycznych i ich walidacja.</p> <p>Wprowadzenie do statystyki matematycznej. Podstawowe pojęcia: zmienna losowa, dystrybuanta, funkcja gęstości prawdopodobieństwa. Rozkłady prawdopodobieństwa : normalny, t-Studenta, <math>\chi^2</math> – Pearsona, równomierny. Parametry rozkładu zmiennej losowej.</p> <p>Teoria estymacji. Podstawowe pojęcia: prosta próba losowa i próbka, statystyka, estymator i estyma ta. Estymatory największej wiarygodności. Obliczanie estymatorów i estymat wartości oczekiwanej i odchylenia standardowego. Wyznaczanie przedziałów ufności dla wartości oczekiwanej przy znanym odchyleniu i nieznanym odchyleniu standardowym.</p> <p>Statystyczna ocena błędów pomiaru. Błąd, a niepewność pomiaru. Obliczanie niepewności standardowej metodą typu A i B, złożonej niepewności standardowej i niepewności rozszerzonej zgodnie z przewodnikiem „Wyrażanie niepewności pomiaru. Przewodnik”.</p> <p>Uwiarygodnienie wyników pomiaru metodą rachunku wyrównawczego. Wyprowadzenie zadania walidacyjnego i metody jego rozwiązania. Ocena statystyczna obliczonych estymat największej wiarygodności zmiennych pomiarowych i wielkości niemierzonych.</p> <p>Model regresji liniowej. Estymatory największej wiarygodności parametrów modelu. Rozkłady prawdopodobieństwa estymatorów parametrów modelu i przedziały ufności. Estymatory przedziałowe i przedziały ufności dla zmiennej wyjściowej modelu liniowego.</p> <p>Regresja wielokrotna. Estymacja parametrów, współczynnik determinacji i błąd modelowania, przedziały ufności dla parametrów i zmiennej wyjściowej modelu, dobór optymalnej struktury modelu. Wady i zalety liniowych modeli regresji.</p>
			<p>Modelowanie neuronowe. Schemat modelu sztucznego neuronu i perceptron wielowarstwowy, stosowane funkcje aktywacji, struktura perceptronu wielowarstwowego, etapy procesu modelowania.</p> <p>Proces uczenia sieci neuronowej. Metody uczenia jednokierunkowych sieci neuronowych: algorytm wstecznej propagacji błędu, przygotowanie zbioru uczącego i weryfikującego, proces weryfikacji sieci. Wady i zalety modelowania neuronowego.</p> <p>Modelowanie matematyczne bloku energetycznego: schemat cieplny bloku, struktura modelu i metody modelowania, dane do obliczeń.</p> <p>Model hybrydowy kotła pyłowego: schemat cieplny kotła, struktura modelu, model bilansowy kotła i algorytm obliczeń sprawności energetycznej, model neuronowy dla opisu temperatury spalin z kotła i modele regresyjne dla opisu zawartości części palnych w stałych produktach spalania, przykładowe wyniki obliczeń.</p> <p>Teoretyczno – empiryczny model turbiny parowej: schemat cieplny turbiny, struktura modelu, model bilansowy turbiny, model linii rozprężania pary w grupach stopni turbinowych (równanie przelotności i sprawności wewnętrznej przemiany), metody estymacji parametrów modelu.</p> <p>Teoretyczno – empiryczny model wymienników ciepła, schemat cieplny wymiennika, struktura modelu, model bilansowy wymiennika, równanie empiryczne opisujące przepływ ciepła w wymienniku, stratę ciśnienia pary, przechłodzenie skroplin, estymacja parametrów równań empirycznych.</p> <p>Modelowanie energochłonności pieców technologicznych w hutnictwie miedzi: schemat technologiczny produkcji miedzi, wskaźnik jednostkowego zużycia energii i stopień wykorzystania paliwa, modelowanie wpływu parametrów eksploatacji na jednostkowe zużycie i stopień wykorzystania paliwa w komorze pieca.</p>

41 Ciepłownictwo i ogrzewnictwo	2	K1A_W11, K1A_W18, K1A_U25, K1A_U27, K1A_U28	Pojęcie komfortu cieplnego, rodzaje ogrzewania, obowiązująca norma dotycząca obliczania sezonowego zapotrzebowania na ciepło, charakterystyka i dobór grzejników, algorytm doboru średnic przewodów sieci ciepłowniczej, straty ciepła z sieci ciepłowniczej, kompensacja wydłużeń sieci ciepłowniczej, węzły ciepłownicze, budownictwo pasywne,
42 Chłodnictwo i klimatyzacja	5	K1A_W24, K1A_U27, K1A_U28	Zasady działania, obiegi termodynamiczne teoretyczne i rzeczywiste dla parowych jednostopniowych urządzeń chłodniczych. Obiegi teoretyczne dwustopniowych sprężarkowych urządzeń chłodniczych. Czynniki chłodnicze – podział, oznaczenia, wskaźniki ekologiczne, zamienniki, zakresy stosowania, uwarunkowania prawne. Chłodziwa – rodzaje, właściwości, kryterium doboru, zastosowanie. Zasady obliczania obciążenia chłodniczego dla urządzeń chłodniczych oraz klimatyzacyjnych. Odzysk ciepła skraplania czynnika chłodniczego w układach chłodniczych. Komfort cieplny oraz jakość powietrza w klimatyzacji. Wykorzystanie do obliczeń wykresu Moliera i Carriera dla powietrza wilgotnego. Przemiany termodynamiczne i obiegi teoretyczne w układach klimatyzacji (obiegi powietrza zamknięte otwarte, recyrkulacja, nagrzewanie, nawilżanie, ochładzanie, osuszanie przez ochładzanie powietrza). Typowe urządzenia stosowane w klimatyzacji np. klimatyzatory, chillery wodne, nawilżacze, osuszacze, nagrzewnice oraz charakterystyki energetyczne urządzeń klimatyzacyjnych. Systemy klimatyzacji. Odzysk ciepła w układach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych. Typowe urządzenia do chłodzenia wody przemysłowej oraz obiegi wody przemysłowej.
<b>SPECJ.: MODERNIZACJA INSTALACJI ENERGETYCZNYCH</b>			
43 Pomiary w energetyce		K1A_W14, K1A_U09	<p>Pomiar mocy  Pomiar strumienia wody  Pomiar wilgotności  Pomiar składu spalin  Pomiar wartości opałowej  Techniki pomiaru temperatury  Pomiary parametrów sygnałów  Przetworniki pomiarowe i standaryzujące  Łącza szeregowo (RS, Profibus)  Pomiar strumienia powietrza</p>
44 Kotły i urządzenia kotłowe		K1A_W11, K1A_W17, K1A_W19, K1A_U22, K1A_U25	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Paliwa kotłowe (kopalne i odnawialne).</li> <li>•Opis ogólnej konstrukcji kotłowych, schemat obiegu naturalnego i kotła przepływowego.</li> <li>•Klasyfikacja kotłów.</li> <li>•Powierzchnie ogrzewalne - ciśnieniowe i podgrzewacze powietrza.</li> <li>•Straty i sprawność kotła, ciepło użyteczne.</li> <li>•Paleniska gazowe i olejowe.</li> <li>•Paleniska rusztowe, podmuch strefowy, rusztowe spalanie paliw alternatywnych.</li> <li>•Palenisko pyłowe: palniki wirowe, strumieniowe i cyklonowe, stabilizacja spalania. Młyny do przemiału węgla: typy i konstrukcje.</li> <li>•Przemiał węgla, analiza sitowa. Mechanizmy powstawania tlenków azotu i spalanie niskoemisyjne.</li> <li>•Zasada fluidyzacji, kotły ze stacjonarną i cyrkulacyjną warstwą fluidalną.</li> <li>•Zanieczyszczenie powierzchni ogrzewalnych, erozja i korozja.</li> <li>•Punkt rosy spalin i jego wpływ na konstrukcję kotła.</li> <li>•Materiały do budowy kotłów.</li> <li>•Cele modernizacji kotłów w warunkach krajowej energetyki.</li> </ul>

<p>45 Silniki przepływowe i sprężarki</p>	<p>K1A_W11, K1A_W17, K1A_U22, K1A_U25</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Elementarna teoria stopnia turbiny cieplnej.</li> <li>•Straty energii mechanicznej w stopniu.</li> <li>•Dobór optymalnego wskaźnika obciążenia stopnia.</li> <li>•Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych stopni turbin akcyjnych i reakcyjnych.</li> <li>•Turbin wielostopniowe. Ogólne zasady obliczeń i projektowania turbin wielostopniowych.</li> <li>•Rodzaje regulacji (rozząd strumienia pary) turbin parowych.</li> <li>•Wskaźniki określające efektywność pracy turbin.</li> <li>•Praca turbiny w zmienionych warunkach – podstawowe zagadnienia.</li> <li>•Skraplacz i układ chłodzenia turbiny.</li> <li>•Turbin gazowe - proste i złożone układy turbin gazowych. Podstawowe charakterystyki turbin gazowych.</li> <li>•Budowa i zasada działania sprężarek, zasady podobieństwa przepływu gazu przez sprężarkę, analiza przepływu w stopniu sprężarki wirnikowej, promieniowy stopień sprężarkowy, osiowy stopień sprężarkowy, współpraca sprężarek z odbiornikiem.</li> </ul>
<p>46 Układy pompowe i napędy hydrauliczne</p>	<p>K1A_W11, K1A_W17, K1A_U22, K1A_U23, K1A_U25</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Podstawowe wiadomości o pompach wirowych i wyporowych.</li> <li>•Podstawowe zastosowania pomp oraz podstawowe typy układów pompowych.</li> <li>•Elementy składowe zespołu i układu pompowego.</li> <li>•Rodzaje układów pompowych. Dobór silnika do napędu pompy.</li> <li>•Dobór armatury do układu pompowego.</li> <li>•Parametry i charakterystyki pracy pompy.</li> <li>•Charakterystyka rurociągu.</li> <li>•Współpraca pompy z układem pompowym.</li> <li>•Zasady prawidłowego doboru pompy do układu pompowego, konsekwencje nieprawidłowego doboru.</li> <li>•Łączenie szeregowo i równoległe pomp.</li> <li>•Jednostkowe zużycie energii.</li> <li>•Warunki ssania pomp.</li> <li>•Objawy kawitacji w pompie wirowej, jej skutki i sposoby zapobiegania.</li> <li>•Regulacja parametrów pracy pompy wirowej.</li> <li>•Zasady prawidłowej eksploatacji pomp.</li> <li>•Podstawowe typy i zastosowania napędów hydraulicznych.</li> <li>•Elementy funkcjonalne i składowe układów hydraulicznych.</li> <li>•Zasady łączenia elementów składowych układów hydraulicznych.</li> <li>•Schematy układów hydraulicznych.</li> </ul>
<p>47 Modern power engineering</p>	<p>K1A_W17, K1A_W18, K1A_U22, K1A_U23, K1A_U24</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Determinants of modern power engineering.</li> <li>•Modern power plants with pulverized-fuel boilers.</li> <li>•Modern gas turbines.</li> <li>•Pumps for supercritical parameters and for nuclear power plants.</li> <li>•Selection of pumps.</li> <li>•Hydraulic energy recuperation for chosen technologies.</li> </ul>

48 Niezawodność systemów energetycznych	K1A_W11, K1A_W24, K1A_U11, K1A_U28	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pojęcia podstawowe.</li> <li>•Liczbowe i funkcyjne wskaźniki niezawodności.</li> <li>•Probabilistyczne rozkłady czasu zdatności.</li> <li>•Badania niezawodności.</li> <li>•Estymacja wskaźników niezawodności.</li> <li>•Testy zgodności.</li> <li>•Niezawodność systemów, struktury niezawodnościowe.</li> <li>•Ryzyko techniczne i elementy analizy ryzyka.</li> <li>•Parametry niezawodnościowe bloków energetycznych.</li> <li>•Niezawodność elektrowni.</li> <li>•Awaryjność, niezawodność i bezpieczeństwo wytwarzania systemu energetycznego.</li> <li>•Bezpieczeństwo innych technologii energetycznych.</li> </ul>
49 Technologie oczyszczania spalin	K1A_W15, K1A_W16, K1A_W18, K1A_W25, K1A_U20, K1A_K02	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pojęcia podstawowe.</li> <li>•Liczbowe i funkcyjne wskaźniki niezawodności.</li> <li>•Probabilistyczne rozkłady czasu zdatności.</li> <li>•Badania niezawodności.</li> <li>•Estymacja wskaźników niezawodności.</li> <li>•Testy zgodności.</li> <li>•Niezawodność systemów, struktury niezawodnościowe.</li> <li>•Ryzyko techniczne i elementy analizy ryzyka.</li> <li>•Parametry niezawodnościowe bloków energetycznych.</li> <li>•Niezawodność elektrowni.</li> <li>•Awaryjność, niezawodność i bezpieczeństwo wytwarzania systemu energetycznego.</li> <li>•Bezpieczeństwo innych technologii energetycznych.</li> </ul>
50 Modelowanie instalacji energetycznych	K1A_W18, K1A_U10, K1A_U11, K1A_U26	Definicja podstawowych wielkości charakteryzujących obiegi cieplne, modelowanie prostych obiegów siłowni gazowych i parowych przy użyciu arkusza kalkulacyjnego Excel, modelowanie obiegów cieplnych siłowni gazowych, parowych i gazowo/parowych przy pomocy programu GateCycle. Określanie podstawowych wielkości charakteryzujących obieg siłowni cieplnych Przykładowe instalacje odsiarczania spalin.
51 Modernization of power plants	K1A_W11, K1A_W18, K1A_W24, K1A_U22, K1A_U28	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Ecological and economical challenges facing the power industry in Poland and in the world with emphasis on problems of CO2 emission.</li> <li>•The ways to improve efficiency of a power plant.</li> <li>•Modernizations in the area of boiler technology: improvement of boiler efficiency and decrease of pollutant emissions. Introduction to modernization of power boiler furnaces enabling combustion of biomass and wastes and abatement of NOx emissions.</li> <li>•Modernizations of turbines and generators.</li> <li>•Secondary NOx abatement techniques.</li> <li>•Improvement of flue gas precipitation. Flue gas desulphurization systems.</li> <li>•The ways to decrease the consumption of energy for power station internal load.</li> </ul>

52 Wspomaganie decyzji eksploatacyjnych	K1A_W24, K1A_U11, K1A_U27, K1A_U28, K1A_K02	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Podstawowe pojęcia eksploatacyjne.</li> <li>•Zasady eksploatacji urządzeń.</li> <li>•Remonty, rozruchy i odstawienia podstawowych maszyn i urządzeń energetycznych.</li> <li>•Zbieranie i przetwarzanie danych eksploatacyjnych.</li> <li>•Ogólna procedura wspomagania decyzji eksploatacyjnych.</li> <li>•Analiza potrzeb - przesłanki modernizacji warunków eksploatacji (poprawa wskaźników eksploatacyjnych, ekonomicznych i ekologicznych, przedłużenie czasu pracy).</li> <li>•Ocena stanu wyjściowego w zakresie efektywności pracy kotłów i turbin.</li> <li>•Ocena stanu wyjściowego w zakresie trwałości (wyznaczenie stopnia zużycia elementów).</li> <li>•Wspomaganie decyzji eksploatacyjnych i remontowych na podstawie wyznaczonych symptomów uszkodzeń</li> <li>•Przykłady adaptacji turbin parowych do pracy w zmienionych warunkach (przystosowanie turbiny kondensacyjnej do pracy ciepłowniczej).</li> <li>•Analiza możliwości dalszej pracy turbin parowych w dotychczasowych warunkach (pozostały czas pracy elementów).</li> <li>•Główne działania modernizacyjne związane z przedłużeniem czasu pracy turbin.</li> </ul>
53 Instalacje hydrauliczne i pneumatyczne	K1A_W12, K1A_W13, K1A_W14, K1A_U23, K1A_K03	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Podstawowe pojęcia eksploatacyjne.</li> <li>•Zasady eksploatacji urządzeń.</li> <li>•Remonty, rozruchy i odstawienia podstawowych maszyn i urządzeń energetycznych.</li> <li>•Zbieranie i przetwarzanie danych eksploatacyjnych.</li> <li>•Ogólna procedura wspomagania decyzji eksploatacyjnych.</li> <li>•Analiza potrzeb - przesłanki modernizacji warunków eksploatacji (poprawa wskaźników eksploatacyjnych, ekonomicznych i ekologicznych, przedłużenie czasu pracy).</li> <li>•Ocena stanu wyjściowego w zakresie efektywności pracy kotłów i turbin.</li> <li>•Ocena stanu wyjściowego w zakresie trwałości (wyznaczenie stopnia zużycia elementów).</li> <li>•Wspomaganie decyzji eksploatacyjnych i remontowych na podstawie wyznaczonych symptomów uszkodzeń</li> <li>•Przykłady adaptacji turbin parowych do pracy w zmienionych warunkach (przystosowanie turbiny kondensacyjnej do pracy ciepłowniczej).</li> <li>•Analiza możliwości dalszej pracy turbin parowych w dotychczasowych warunkach (pozostały czas pracy elementów).</li> <li>•Główne działania modernizacyjne związane z przedłużeniem czasu pracy turbin.</li> </ul>
<b>SPECJ.: ENERGETYKA GAZOWA I ROZPROSZONA</b>		
54 Measurements of energy quantities	K1A_W14, K1A_U09	<p>Classification of measurements. The measuring process, uncertainties and errors. Measuring instruments and they construction. Measurement methods. Parameters characterizing the measured physical quantities. Measuring transducers and their properties. Measurement of energy quantities: temperature, level, flow rate, mechanical power, concentration and chemical composition of the substance, heating value, relative humidity.</p>
55 Energetyka gazowa	K1A_W17, K1A_W18, K1A_U11, K1A_U23, K1A_U27	<p>Podstawowe paliwa gazowe i technologie ich pozyskania Właściwości paliw gazowych i ich cechy Wykorzystanie paliw gazowych w ogrzewnictwie (kotły gazowe klasyczne i kondensacyjne); Podstawowe układy siłowni z turbinami gazowymi; Sposoby zwiększania sprawności turbin gazowych: regeneracja ciepła, chłodzenie międzystopniowe, wtrysk pary i wody, siłownie gazowo – parowe; Gazowe silniki spalinowe; Elektrociepłownie z turbinami gazowymi i gazowymi silnikami (układ prosty, elektrociepłownia przemysłowa i komunalna z turbiną gazową, elektrociepłownia w układzie Chenga, elektrociepłownie gazowo-parowe, układy CHP na bazie silników spalinowych), Zastosowanie niekonwencjonalnych paliw w układach gazowych (układy zintegrowane ze zgazowaniem paliw stałych i biomasy, wykorzystanie biogazów i gazów z odmetanowania kopalń); Wykorzystanie wodoru (wysokotemperaturowe układy gazowe, ogniwa paliwowe); Wykorzystanie siłowni ORC w układach energetyki gazowej.</p>

56 Czyste technologie energetyczne	K1A_W11, K1A_W15, K1A_W18, K1A_W25, K1A_U20, K1A_U23, K1A_K02	Techniczna oraz ekologiczna charakterystyka paliw kopalnych, w tym głównie gazu ziemnego oraz węgla kamiennego i brunatnego, zasoby oraz źródła ich pozyskiwania dla krajowego systemu elektroenergetycznego, nowoczesne technologie węglowe: nadkrytyczne bloki węglowe, układy zintegrowane ze zgazowaniem węgla, bloki oxy, technologie energetyczne wykorzystujące gaz ziemny, turbiny gazowe elektryczne oraz elektrociepłownie gazowo-parowe, metody wychwytu dwutlenku węgla, integracja bloków energetycznych z instalacjami wychwytu dwutlenku węgla, wskaźniki efektywności pracy układów energetycznych oraz metodologia ich obliczania, charakterystyki obiektów krajowych; układy energetyczne pracujące w oparciu o odnawialne źródła energii.
57 Podstawy energetyki komunalnej	K1A_W12, K1A_W15, K1A_W16, K1A_W17, K1A_W20, K1A_U24, K1A_K02	Grupy potrzeb. Charakterystyka energetyczna i ekologiczna paliw stosowanych w energetyce komunalno-bytowej. Wykorzystanie energii elektrycznej. Taryfy opłat za paliwa media i energię elektryczną. System ciepłowniczy: źródła, przesył, transformacja i regulacja zaopatrzenia w ciepło. Techniczne i pozatechniczne uwarunkowania energetyki komunalnej. Analiza czynników wpływających na zużycie energii i mediów. Zasady komunalnej polityki ekologicznej Założenia do planów oraz plany zaopatrzenia gmin w ciepło, energię elektryczną i gaz, Zasady zarządzania energią i mediami w obiektach i zespołach obiektów komunalnych: systemy zarządzania, platforma informatyczna, metody oceny uzyskiwanych efektów technicznych i ekonomicznych (benchmarking, metoda charakterystyk energetycznych), przykłady uzyskiwanych rezultatów. Świadczenia charakterystyki energetycznej obiektów. Efekty ekologiczne i społeczne programów obniżania niskiej emisji w gminach . Układy terytorialne
58 Fuels and combustion	K1A_W03, K1A_W05, K1A_W13, K1A_W19, K1A_U09, K1A_U19	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fuels – fuel use in Poland and worldwide, characteristic properties of solid, liquid and gaseous fuels, processes of fuel preparation and utilization</li> <li>2. Preparation of combustible mixtures - diffusion, turbulent transport, jets, spraying of liquids, aerodynamics of solid and liquid fuel droplets, evaporation of droplets</li> <li>3. Fundamentals of chemical kinetics and equilibrium – temperature and activation energy, reaction rates and mechanisms, equilibrium conditions and computation methods</li> <li>4. Ignition theory – ignition methods, autoignition, ignition temperature, flammability limits</li> <li>5. Combustion of gaseous fuels – deflagration and detonation, laminar and turbulent premixed and non-premixed flames, flame stabilization</li> <li>6. Combustion of liquid and solid fuels – course of liquid combustion, combustion of single liquid droplet, combustion of solid fuel particles.</li> </ol>
59 Energetyczne zaopatrzenie budynków	K1A_W24, K1A_U22, K1A_U23, K1A_U25, K1A_U28	Energia w zrównoważonym rozwoju świata. Zagadnienia komfortu cieplnego i jakości powietrza wewnętrznego. Systemy ogrzewania (w tym systemy ogrzewania niskotemperaturowego/niskoenergetycznego, systemy pasywne, wykorzystanie odnawialnych źródeł energii do zaopatrzenia budynków w energię) i urządzenia wykorzystywane w instalacjach. Systemy wentylacji i klimatyzacji (wentylacja naturalna, mechaniczna, klimatyzacja, rozdział powietrza, wentylacja hybrydowa). Urządzenia wentylacyjne i klimatyzacyjne. Jakość energetyczna budynków, certyfikaty energetyczne, audyty energetyczne. Termomodernizacja budynków. Budynki zeroenergetyczne, pasywne i niskoenergetyczne.

60 Inżynieria gazownictwa	K1A_W24, K1A_U25, K1A_U27, K1A_U28	Transport gazu rurociągami oraz w postaci skroplonej. Charakterystyka techniczna i organizacyjna gazownictwa polskiego. Infrastruktura gazowa: Gazociągi przesyłowe. Tłocznie gazu. Podziemne magazyny gazu. Stacje gazowe. Schemat stacji gazowej. Elementy stacji gazowych. Reduktor. Schemat reduktora bezpośredniego działania. System bezpieczeństwa ciśnieniowego. Nawanianie gazu. System dystrybucyjny. Technologia budowy i renowacji sieci polietylenowych. Problemy budowy sieci na terenach eksploatacji górniczej. Przyłącza gazowe do budynków. Pomiar gazu. Wielkości fizyczne występujące w pomiarach (energia, ilość, objętość, strumień). Budowa i zasada działania gazomierzy różnych typów. Pomiar parametrów termicznych. Przeliczniki objętości gazu. Układy pomiarowe, teletransmisja danych – cele, sposób działania. Projektowanie sieci gazowych. Obliczenia wytrzymałościowe. Obliczenia przepływowe. Prognozowanie zapotrzebowania na gaz. Metody obliczeń sieci rozgałęzionych i pierścieniowych. Projektowanie instalacji gazowych. Przydomowe punkty redukcyjne. Projektowanie instalacji wewnętrznych, omówienie przepisów prawnych. Elementy wchodzące w skład projektu budowlanego.
61 Zasady projektowania układów energetycznych	K1A_W11, K1A_W17, K1A_U03, K1A_U10, K1A_U11, K1A_U16, K1A_U22, K1A_U26, K1A_K04	Zagadnienia podstawowe związane z modelowaniem układów technologicznych energetyki cieplnej. Typy modeli i ich zastosowanie. Podstawowe prawa fizyczne warunkujące pracę obiektów energo-technologicznych. Zasady budowy schematów technologicznych. Bilanse substancji i energii. Dobór podstawowych parametrów konstrukcyjnych urządzeń z uwzględnieniem ograniczeń. Charakterystyki energetyczne maszyn i urządzeń. Określanie parametrów pracy w stanach zmiennych obciążeń. Zapoznanie ze specjalistycznymi komputerowego wspomaganie procesów projektowych (GateCycle, CycleTempo, Promax).
<b>SPECJ.: ŹRÓDŁA ODNAWIALNE I NOWOCZESNE TECHNOLOGIE ENERGETYCZNE</b>		
62 Konwencjonalne źródła energii	K1A_W15, K1A_W17, K1A_W18, K1A_U20, K1A_U27	Czym jest źródło energii. Podział źródeł energii według różnych kryteriów. Charakterystyka konwencjonalnych źródeł energii i ich podział. Czym są paliwa kopalne. Energetyka węglowa: cechy, zalety i wady. Aspekty techniczne, ekonomiczne i ekologiczne wytwarzania energii z węgla. Elastyczność bloków węglowych. Łańcuch przemian energii od paliwa do energii elektrycznej. Energetyka gazowa: cechy, zalety i wady. Aspekty techniczne, ekonomiczne, polityczne i ekologiczne wytwarzania energii z gazu. Energetyka oparta o paliwa ciekłe: cechy, zalety i wady. Aspekty techniczne, ekonomiczne i ekologiczne wytwarzania energii z ropy naftowej i olejów. Energetyka jądrowa: cechy, zalety i wady. Bezpieczeństwo eksploatacji bloków jądrowych. Aspekty techniczne, ekonomiczne i ekologiczne wytwarzania energii z paliw rozszczepialnych. Odpady z konwencjonalnych źródeł energii. Bezpieczeństwo składowania odpadów jądrowych. Różnice między centralnymi i rozproszonymi układami produkcji energii w źródłach konwencjonalnych.
63 Turbiny wiatrowe	K1A_W11, K1A_W18, K1A_U22, K1A_U24, K1A_U25	Podstawowe pojęcia dotyczące wiatru, cyrkulacja powietrza w atmosferze. Sposoby wykorzystania wiatru. Wielkości opisujące wiatr - prędkość, kierunek, moc, energia. Sposoby pomiaru wiatru, układy pomiarowe. Budowa siłowni wiatrowej. Rodzaje turbin wiatrowych. Charakterystyka przemiany energii wiatru. Sposoby i strategie sterowania siłownią wiatrową. Magazynowanie energii. Rodzaje elektrowni wiatrowych. Współpraca z siecią elektroenergetyczną. Ekologiczne aspekty wykorzystania energii wiatru. Charakterystyka warunków wiatrowych na świecie i w Polsce – zasoby wiatru, stan wykorzystania energii wiatrowej.



64 Elektrownie wodne	K1A_W11, K1A_W18, K1A_U22, K1A_U24, K1A_U25	Wykorzystania energii cieków i zbiorników wodnych. Ogólne informacje o rodzajach elektrowni wodnych, kryteriach ich klasyfikacji i rola w systemie energetycznym kraju. Energia prądów morskich i pływów morza. Elektrownie morskie. Współpraca elektrowni wodnych z siecią - systemem energetycznym. Struktura zagospodarowania energetycznego rzek, aspekty ekonomiczno-prawne. Podstawowe pojęcia stosowane przy obliczeniach mocy i produkcji energii. Konstrukcja turbin wodnych i układów regulacyjnych, zasada działania. Budowle hydrotechniczne. Urządzenia pomocnicze w budynku elektrowni. Parametr pracy i charakterystyki turbin wodnych. Klasyfikacja turbiny wodnych. Przykłady wykorzystania małych budowli piętrzących dla celów produkcji energii elektrycznej. Hydrogeneratory stosowane w elektrowniach wodnych. Połączenie generatora z turbiną, dobór generatora do turbiny. Rodzaje generatorów stosowanych w elektrowniach wodnych. Układy automatyki zabezpieczeniowej dla generatorów w małych elektrowniach wodnych.
65 Biomasa i jej wykorzystanie	K1A_W15, K1A_W18, K1A_W20, K1A_U22, K1A_U24, K1A_U27	Czym jest biomasa. Omówienie różnych rodzajów biomasy. Skład i podstawowe parametry energetyczne biomasy w zależności od pochodzenia. Biomasa stała, ciekła i gazowa – cechy i różnice. Przygotowanie biomasy do jej energetycznego wykorzystania. Możliwości i kierunki wykorzystania biomasy. Przetwórstwo, i transport biomasy, uprawy energetyczne, przykłady systemów wykorzystujących biomasę: spalanie, współspalanie z innymi paliwami, zgazowanie, piroliza biomasy. Nowoczesne systemy wykorzystujące biomasę. Problemy eksploatacyjne systemów współspalających biomasę. Aspekty ekonomiczne i ekologiczne energetycznego wykorzystania biomasy.
66 Energy storage	K1A_W12, K1A_W25, K1A_U06, K1A_U25, K1A_U28	Zostaną przedstawione podstawowe klasyfikacje źródeł wytwarzania energii elektrycznej oraz klasyfikacje źródeł ciepła oraz ich potencjał w zakresie pokrywania zapotrzebowania w systemach. Opisana zostanie struktura oraz zasady funkcjonowania systemu energetycznego oraz systemów ciepłowniczych oraz sposoby ich regulacji. Omówione zostaną wymagania dla zapewnienia bezpieczeństwa energetyczne kraju oraz scharakteryzowane zostaną mechanizmy rynkowe umożliwiające zapewnienie takiego bezpieczeństwa. Sklasyfikowane zostaną metody oraz technologie magazynowania energii elektrycznej (metody mechaniczne, elektrochemiczne, elektryczne) oraz ciepła (pojemnościowe, zmiennofazowe, chemiczne). Zostaną scharakteryzowane podstawowe procesy jednostkowe identyfikowane w ramach technologii magazynowania energii. Opisane zostaną systemy magazynowania energii o wybranych strukturach technologicznych. Zdefiniowane zostaną podstawowe wskaźniki oceny technicznej dla systemów magazynowania. Poszczególne technologie zostaną scharakteryzowane również w aspekcie ekonomicznym – kosztów inwestycyjnych oraz kosztów eksploatacyjnych. Przeprowadzone zostaną analizy przypadków dla wybranych systemów integrujących źródła wytwórcze oraz systemy magazynowania energii.
67 Energia słoneczna i jej wykorzystanie	K1A_W11, K1A_W18, K1A_U22, K1A_U24, K1A_U25	Słońce jako źródło energii. Potencjał energetyki solarnej. Charakterystyka ilościowa i jakościowa promieniowania słonecznego w Polsce i na świecie. Promieniowanie skoncentrowane i rozproszone. Sposoby wykorzystania energii słonecznej. Urządzenia wykorzystujące promieniowanie słoneczne: kolektory słoneczne, ogniwa fotowoltaiczne, systemy grzewcze, konwersja fotochemiczna, kolektory hybrydowe, wieże solarne, systemy do termolizy wody. Czym jest elektrownia słoneczna. Aspekty ekonomiczne, ekologiczne i prawne energetycznego wykorzystania energii słonecznej. Laboratorium Wyznaczanie produkcji energii elektrycznej w instalacji fotowoltaicznej – ocena wybranych parametrów pracy (nasłonecznienie, kąt nachylenia, azymut, system śledzący, temperatura). Badanie mikroogniw fotowoltaicznych, wytwarzanie wodoru ze słońca.
68 Niezawodność systemów energetycznych	K1A_W11, K1A_W24, K1A_U11, K1A_U13, K1A_U28	Pojęcia podstawowe. Liczbowe i funkcyjne wskaźniki niezawodności. Probabilistyczne rozkłady czasu zdatności. Badania niezawodności. Estymacja wskaźników niezawodności. Testy zgodności. Niezawodność systemów, struktury niezawodnościowe. Ryzyko techniczne i elementy analizy ryzyka. Parametry niezawodnościowe bloków energetycznych. Niezawodność elektrowni. Awaryjność, niezawodność i bezpieczeństwo wytwarzania systemu energetycznego. Bezpieczeństwo innych technologii energetycznych.

69	Geothermal energy and its use		K1A_W11, K1A_W18, K1A_U06, K1A_U24, K1A_U27	Definition of a geothermal energy. Potential of geothermal energy sources. Localization of geothermal sources in Poland and in the World. Technical characterization of systems and devices that utilize geothermal energy. Direct production of heat and electricity from hot geothermal water. Heat pumps – basic information and efficiency. Ecological, technical and economic aspects of geothermal energy.
70	Modelowanie systemow energetycznych		K1A_W18, K1A_U10, K1A_U11, K1A_U26	Model regresyjny i określenie jakości dopasowania. Model empiryczny regeneracyjnego wymiennika ciepła, model teoretyczno-empiryczny linii rozprężania pary w turbinie oraz model kilku grup stopni turbiny i wymienników regeneracyjnych. Pakiet sztucznych sieci neuronowych w oprogramowaniu MATLAB. Model neuronowy temperatury spalin odpływających z kotła i model emisji substancji szkodliwych.
71	Wspomaganie decyzji eksploatacyjnych		K1A_W24, K1A_U11, K1A_U27, K1A_U28, K1A_K02	Podstawowe pojęcia eksploatacyjne. Zasady eksploatacji urządzeń. Remonty, rozruchy i odstawienia podstawowych maszyn i urządzeń energetycznych. Zbieranie i przetwarzanie danych eksploatacyjnych. Ogólna procedura wspomaganie decyzji eksploatacyjnych. Analiza potrzeb - przesłanki modernizacji warunków eksploatacji (poprawa wskaźników eksploatacyjnych, ekonomicznych i ekologicznych, przedłużenie czasu pracy). Ocena stanu wyjściowego w zakresie efektywności pracy kotłów i turbin. Ocena stanu wyjściowego w zakresie trwałości (wyznaczenie stopnia zużycia elementów). Wspomaganie decyzji eksploatacyjnych i remontowych na podstawie wyznaczonych symptomów uszkodzeń. Przykłady adaptacji turbin parowych do pracy w zmienionych warunkach (przystosowanie turbiny kondensacyjnej do pracy ciepłowniczej). Analiza możliwości dalszej pracy turbin parowych w dotychczasowych warunkach (pozostały czas pracy elementów). Główne działania modernizacyjne związane z przedłużeniem czasu pracy turbin.
<b>SPECJALNOŚCI ZORIENTOWANE PROJEKTOWO</b>				
72	Projekt przemysłowy (14 ECTS zamiast 12 ECTS za zamienione przedmioty na sem. 5 i 6)		K1A_W25, K1A_U02, K1A_U03, K1A_U05, K1A_K01, K1A_K03, K1A_K04	
73	Projekt przemysłowy			
<b>WSZYSTKIE SPECJALNOŚCI</b>				
74	Przedmioty obieralne	10	K1A_W24, K1A_U27, K1A_U28	Zależnie od wybranych przedmiotów.
75	Praktyka zawodowa (4 tygodnie)	6	K1A_W21, K1A_W22, K1A_U02, K1A_U13, K1A_K03, K1A_K04, K1A_K05, K1A_K06, K1A_K07	Zakres tematyki ściśle związany ze studiowanym kierunkiem.
76	Seminarium specjalnościowe	5	K1A_W24, K1A_U04, K1A_U05, K1A_U26	Student opracowuje, przygotowuje i przedstawia prezentację na zadany temat, w tym szczególnie na temat związany z realizowanym projektem inżynierskim oraz broni w dyskusji przedstawionych w nim tez.

77 Projekt inżynierski	15	K1A_U03, K1A_U11, K1A_U26, K1A_K04	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Omówienie sposobu pisania pracy inżynierskiej, a także formułowania tez i celu pracy oraz wniosków.</li> <li>• Przedstawienie informacji na temat wykonywanego projektu inżynierskiego.</li> <li>• Dyskusja nad prowadzonym projektem inżynierskim.</li> <li>• Wykonywanie pomiarów, obliczeń lub analiz niezbędnych do realizacji projektu inżynierskiego.</li> </ul>
<b>STUDIA NIESTACJONARNE</b>			
78 Język angielski		K1A_U01, K1A_U03, K1A_U04, K1A_U05, K1A_U06	Tematyka/słownictwo, funkcje komunikacyjne i struktury gramatyczne zgodne z „Europejskim Systemem Opisu Kształcenia Językowego” na poziomie biegłości językowej B2 w oparciu o język specjalistyczny – techniczny
79 Przedmiot humanistyczny		K1A_W21, K1A_U12, K1A_K01, K1A_K05, K1A_K07	Zależnie od wybranego przedmiotu.
80 Przedmiot ekonomiczny		K1A_W21, K1A_W22, K1A_W23, K1A_U12, K1A_U14, K1A_K06	Zależnie od wybranego przedmiotu.
81 Ochrona własności intelektualnych		K1A_W21, K1A_K02	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pojęcie własności intelektualnej. Charakter prawny praw na dobrach niematerialnych. Zasady prawa własności intelektualnej.</li> <li>2. Źródła prawa własności intelektualnej. Europejski i międzynarodowy kontekst prawa własności intelektualnej.</li> <li>3. Pojęcie wynalazku, wzoru użytkowego, wzoru przemysłowego, oznaczenia geograficznego, znaku towarowego, topografii układu scalonego, projektu racjonalizatorskiego.</li> <li>4. Ogólna charakterystyka praw wyłącznych.</li> <li>6. Prawo do wynagrodzenia twórców praw wyłącznych.</li> <li>7. Skutki ich naruszenia praw wyłącznych.</li> </ol>
82 Matematyka		K1A_W01, K1A_U07	Elementy logiki. Liczby zespolone. Macierze i wyznaczniki. Układy równań. Wektory. Geometria analityczna w przestrzeni . Rachunek różniczkowy funkcji jednej zmiennej. Rachunek całkowy funkcji jednej zmiennej. Rachunek różniczkowy funkcji dwu zmiennych. Całka podwójna. Całka potrójna. Równania różniczkowe zwyczajne.
83 Technologie informacyjne		K1A_W04, K1A_U01, K1A_U02, K1A_U10	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sprzęt: pojęcia podstawowe, wydajność komputera, pamięć i jej wielkość, urządzenia wejścia/wyjścia.</li> <li>2. Oprogramowanie: pojęcia, zastosowanie popularnych pakietów oprogramowanie w pracy inżyniera.</li> <li>3. Sieci komputerowe: pojęcia, zastosowanie sieci komputerowych w pracy inżyniera</li> <li>4. Zagadnienia bezpieczeństwa i ochrony danych.</li> <li>5. Zagadnienia prawne: prawa autorskie, ochrona danych</li> </ol>

84 Fizyka	K1A_W02, K1A_W03, K1A_U08, K1A_U09, K1A_U19	<p>Podstawy kinematyki i dynamiki punktu materialnego, ruch postępowy, ruch po okręgu. Dynamika bryły sztywnej; moment bezwładności ciała sztywnego, twierdzenie Steinera, kręt, zasada zachowania momentu pędu. Siły, praca, energia, zasady zachowania pędu, momentu pędu i energii, pole grawitacyjne.</p> <p>Ruch drgający, drgania harmoniczne.</p> <p>Ruch falowy, podział fal, zasada Huygensa, równanie fali płaskiej harmoniczej, superpozycja fal, fala stojąca.</p> <p>Elektrodynamika, pole elektryczne i magnetyczne, ruch ładunków w polu elektromagnetycznym, prawo Faradaya, indukcja elektromagnetyczna.</p> <p>Optyka, geometryczna i falowa, soczewki, interferencja, dyfrakcja, siatki dyfrakcyjne, spektrofotometria.</p> <p>Fizyka statystyczna i termodynamika, ciepło, temperatura, zasada ekwipartycji energii, równanie stanu, zasady termodynamiki, przemiany termodynamiczne.</p> <p>Fizyka jądrowa, promieniowanie jądrowe, prawo rozpadu promieniotwórczego, reakcje jądrowe, energetyka jądrowa, reakcje termojądrowe.</p>
85 Chemia	K1A_W05, K1A_W08, K1A_U13, K1A_K03	<p>Budowa atomu. Cząstki elementarne, liczba atomowa i masowa, pierwiastki, izotopy, izobary, izotony. Stabiłność jąder atomowych, promieniotwórczość, przemiana <math>\alpha</math>, <math>\beta^-</math>, <math>\beta^+</math>, <math>\gamma</math>. Korpuskularno-falowy charakter elektronu, zasada nieoznaczoności Heisenberga, równanie falowe Schrödingera, orbitale, podpowłoki, powłoki, liczby kwantowe, zakaz Pauliego, reguła Hunda, konfiguracja elektronowa pierwiastków.</p> <p>Układ okresowy. Prawo okresowości, promień atomu, energia jonizacji, elektroujemność. Właściwości fizykochemiczne pierwiastków w odniesieniu do ich konfiguracji elektronowej i położenia w układzie okresowym.</p> <p>Wiązania chemiczne. Przyczyny tworzenia wiązań chemicznych, wiązania jonowe, wiązania atomowe (niespolaryzowane i spolaryzowane), wiązania koordynacyjne, wiązanie metaliczne, wiązania wodorowe, wiązanie van der Waalsa.</p> <p>Stany skupienia. Materia, faza, przemiany fizyczne, przemiany chemiczne (reakcje), prawo zachowania masy, prawo stosunków stałych. Stan gazowy. Gaz doskonały, prawo Boyl'a Mariotta, Gay-Lussaca, Charlesa, równanie Clapeyrona, prawo Avogadro, prawo Daltona. Gaz rzeczywisty, równanie van der Waalsa. Ciała stałe krystaliczne, ciała bezpostaciowe. Ciecze. Przemiany fazowe, diagram fazowy.</p> <p>Roztwory. Pojęcia: roztwory właściwe i koloidalne; stężenie roztworów; roztwory doskonałe; rozpuszczalność; roztwór nasycony; roztwór przesycony. Ciepło rozpuszczania, reakcje endotermiczne i egzotermiczne i wpływ temperatury na rozpuszczalność. Roztwory gazów w cieczy, zależność rozpuszczalności od ciśnienia (prawo Henry'ego) i od temperatury. Roztwory cieczy w cieczy, prawo Raoult'a. Roztwory ciał stałych w cieczy, obniżenie prężności pary nad roztworem i inne właściwości koligatywne.</p> <p>Statyka chemiczna. Reakcje nieodwracalne i reakcje odwracalne, stan równowagi chemicznej, prawo działania mas - stała równowagi chemicznej, reguła przekory - Le Chateliera-Brauna.</p> <p>Kinetyka chemiczna. Szybkość reakcji chemicznej, równanie kinetyczne reakcji, cząsteczkowość i rzędowość reakcji, reguła van't Hoffa, energia aktywacji, teoria zderzeń aktywnych – równanie Arrheniusa, katalizatory.</p> <p>Elektrolity. Pojęcia: solwatacja, hydratacja, dysocjacja, elektrolity. Teoria dysocjacji elektrolitycznej Arrheniusa. Stała dysocjacji, stopień dysocjacji, prawo rozcieńczeń Ostwalda. Iloczyn jonowy wody, pH, pOH. Iloczyn rozpuszczalności.</p> <p>Elektrochemia. Półogniwa, potencjały elektrodowe metali, szereg napięciowy metali. Ogniwa galwaniczne, reakcje potencjałotwórcze, schemat ogniwa, siła elektromotoryczna ogniwa. Elektroliza, reakcje elektrodowe, elektroliza wodnych roztworów kwasów, zasad i soli, elektroliza soli stopionych, elektroliza z udziałem materiału elektrod w procesach elektrodowych, I i II prawo Faraday'a. Akumulatory.</p> <p>Korozja i ochrona przed korozją (metaliczne i niemetaliczne powłoki ochronne, ochrona katodowa, ochrona protektorowa, inhibitory korozji).</p>
86 Grafika inżynierska	K1A_W07, K1A_U02	<p>Znormalizowane elementy rysunku technicznego. Elementy wymiarowania. Zasady odwzorowania utworów płaskich oraz utworów trójwymiarowych (rzuty Monge'a, aksonometria) wraz z zapisem ich cech geometrycznych. Ogólne zasady wymiarowania.</p> <p>Konstruowanie widoków, przekrojów i kładów. Geometryczne kształtowanie form inżynierskich z zastosowaniem wielościanów, brył i powierzchni. Zapis konstrukcji oraz oznaczanie elementów połączeń maszynowych. Chropowatość oraz falistość powierzchni. Oznaczenie powłok. Gospodarka rysunkowa.</p>

87 Informatyczne podstawy projektowania	K1A_W04, K1A_U02, K1A_U10, K1A_U11	Elementy środowiska Visual Basic for Applications, tworzenie i zapisywanie projektów, struktura programu, definicje zmiennych, instrukcje wejścia i wyjścia, funkcje obliczeniowe, matematyczne, logiczne itp., instrukcje warunkowe, pętle (for, while, do) tablice, użycie formularzy i formatek.
88 Mechanika techniczna	K1A_W02, K1A_W06, K1A_U07, K1A_U08, K1A_U15	Fundamentalne prawa i założenia mechaniki; Statyka punktu materialnego; Wektory - rozkładanie wektora siły na składowe; Równowaga punktu materialnego; Siła w przestrzeni; Bryła sztywne; Moment siły względem punktu; Moment pary sił; Równoważne układy sił; Reakcje więzów w układach płaskich; Warunki równowagi bryły sztywnej; Reakcje więzów w układach przestrzennych; Kratownice; Siły wewnętrzne i momenty gnące w belkach; Kinematyka i dynamika punktu materialnego; Kinematyka bryły sztywnej.
89 Elektrotechnika i elektronika	K1A_W08, K1A_W12, K1A_U09, K1A_U16	Elektrotechnika. Prąd stały. Elementy i parametry obwodu elektrycznego. Prawa; Ohma, Kirchoffa, Joule'a. Rezystancja zastępcza. Twierdzenie Thevenina i Nortona. Analiza obwodów prądu stałego. Mostek. Kompensator. Praca równoległa źródeł. Elementy nieliniowe. Parametry prądu zmiennego. Elementy bierności RLC. Reaktancja. Impedancja. Metoda symboliczna. Wykresy wektorowe. Moce: czynna, bierna, pozorna i zespolona. Współczynnik mocy. Analiza obwodów prądu zmiennego. Rezonans szeregowy i równoległy. Sprężenia magnetyczne. Indukcja elektromagnetyczna. Indukcyjność wzajemna. Pole wirujące. Źródła i odbiorniki prądu trójfazowego. Napięcia, prądy i moce w obwodach trójfazowych. Elektronika. Zjawiska fizyczne w półprzewodnikach. Półprzewodnikowe elementy bierności. Przyrządy elektroniczne bipolarne i unipolarne (diody, tranzystory, tyrystory). Czynniki i parametry czwórnikowe. Układy scalone. Wzmacniacz operacyjny. Wzmacniacze mocy i generatory. Elementy przełączające. Bramki logiczne i przerzutniki. Układy cyfrowe. Multipleksery. Pamięci. Metody przetwarzania analogowo- cyfrowego.
90 Podstawy metrologii i techniki eksperymentu	K1A_W03, K1A_W14, K1A_U09	Znaczenie pomiarów i eksperymentu w poznawaniu i identyfikacji procesów. Układy jednostek miar, wielkości mierzalne, układ jednostek i spójność układu SI, jednostki i wielkości pochodne. Charakterystyka przyrządów pomiarowych, fizyczne podstawy działania przyrządów pomiarowych. Pomiar podstawowych wielkości fizycznych. Niepewność pomiaru, niepewność standardowa wyznaczana metodą typu A i B, złożona niepewność standardowa. Podstawowe definicje wielkości statystycznych. Wybrane rozkłady prawdopodobieństwa: równomierny, normalny.
91 Maszyny energetyczne	K1A_W11, K1A_W17, K1A_U22	Schemat prostej elektrowni węglowej oraz jądrowej z reaktorem PWR i BWR. Sprawność elektrowni konwencjonalnej oraz elektrociepłowni. Schematy elektrociepłowni: z turbiną przeciwprężną oraz upustowo-kondensacyjną. Wpływ elektrowni i elektrociepłowni na środowisko. Ogólne wiadomości o turbinach cieplnych, podstawowe parametry i charakterystyki turbin, przykłady rozwiązań konstrukcyjnych turbin parowych i gazowych, elementarne układy regulacji i zabezpieczeń turbin. Skraplacze turbin. Układy chłodzenia skraplaczy.
92 Wytrzymałość materiałów	K1A_W06, K1A_W10, K1A_U18	Siły wewnętrzne w prętach, pojęcia naprężenia i odkształcenia. Własności mechaniczne materiałów, wykres rozciągania. Związki fizyczne. Rozciąganie i ściskanie prętów, układy prętowe. Zginanie prętów prostych. Oś ugięta belki. Skręcanie prętów. Ścinanie prętów. Podstawy teorii stanu naprężenia i odkształcenia. Wytyżenie materiału, hipotezy wytyżeniowe. Wytrzymałość złożona prętów. Naprężenia termiczne. Wyboczenie prętów.
93 CAD	K1A_W07, K1A_U03, K1A_U10, K1A_U15	Siły wewnętrzne w prętach, pojęcia naprężenia i odkształcenia. Własności mechaniczne materiałów, wykres rozciągania. Związki fizyczne. Rozciąganie i ściskanie prętów, układy prętowe. Zginanie prętów prostych. Oś ugięta belki. Skręcanie prętów. Ścinanie prętów. Podstawy teorii stanu naprężenia i odkształcenia. Wytyżenie materiału, hipotezy wytyżeniowe. Wytrzymałość złożona prętów. Naprężenia termiczne. Wyboczenie prętów.
94 Maszyny elektryczne	K1A_W08, K1A_W14, K1A_U16, K1A_K03	Definicje; podział; moce; wielkości znamionowe; materiały konstrukcyjne. Transformatory: budowa; zasada działania; bilans mocy i straty; połączenia uzwojeń; przesunięcia godzinowe; praca równoległa; charakterystyki; schematy zastępcze; transformatory specjalne: autotransformator; przekładniki. Pola wirujące: sposoby wytwarzania; rodzaje; właściwości. Maszyny indukcyjne: budowa; schematy zastępcze maszyn pierścieniowych i klatkowych; charakterystyki i wykresy; tabliczka znamionowa i zaciskowa; rodzaje uzwojeń; rozruch; regulacja prędkości. Maszyny synchroniczne: budowa maszyn cylindrycznych i jawnobiegunowych; schematy; charakterystyki; synchronizacja; układy wzbudzenia. Maszyny prądu stałego: budowa; schematy; charakterystyki; tabliczki znamionowe i zaciskowe; właściwości dynamiczne; zasilanie; rozruch i regulacja prędkości.

95 Ochrona środowiska w energetyce	K1A_W07, K1A_W15, K1A_W16, K1A_U20, K1A_K02	Energetyka a środowisko naturalne – różnorodność oddziaływań, definicja zanieczyszczenia. Procesy spalania paliw, ich rola w energetyce, rodzaje zanieczyszczeń powstających w trakcie spalania, szkodliwość substancji zanieczyszczających środowisko. Regulacje prawne ochrony środowiska. Technologie ochrony powietrza przed zanieczyszczeniami ze spalania paliw: procesy oczyszczania paliw, metody zapobiegania powstawaniu zanieczyszczeń stałych i gazowych, pierwotne i wtórne metody zmniejszania emisji SO <sub>2</sub> i NO <sub>x</sub> , techniki odpylania gazów spalinowych. Ochrona środowiska przed odpadami stałymi.
96 Podstawy konstrukcji maszyn	K1A_W07, K1A_W10, K1A_U15, K1A_U1	Wprowadzenie do konstrukcji maszyn <ul style="list-style-type: none"> <li>• Projektowanie i konstruowanie. Cechy konstrukcyjne. Zasady oceny konstrukcji maszyn - kryteria konstrukcyjne.</li> <li>• Opis konstrukcji. Tolerancja wymiarów. Pasowania. Oznaczenie chropowatości.</li> </ul> Podstawy obliczeń wytrzymałościowych elementów maszyn <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rodzaje obciążeń elementów maszyn. Liczba bezpieczeństwa. Wpływ karbu i wielkości elementów na wytrzymałość przy obciążeniu zmiennym.</li> </ul> Połączenia elementów maszyn <ul style="list-style-type: none"> <li>• Połączenia gwintowe. Tarcie w połączeniu gwintowym. Obciążenie gwintu. Obliczenia wytrzymałościowe śrub.</li> <li>• Połączenia spawane. Rodzaje spoin. Zasady obliczeń wytrzymałościowych spoin czołowych i pachwinowych.</li> <li>• Połączenia kształtowe. Wpusty i wielowypusty.</li> </ul> Łożyska <ul style="list-style-type: none"> <li>• Łożyska toczne i ślizgowe. Klasyfikacje i rodzaje łożysk tocznych. Zagadnienia luzów i pasowań łożysk. Obciążenia, nośność i trwałość łożysk. Ogólne zasady doboru łożysk. Graniczna prędkość obrotowa.</li> </ul> Wały maszynowe <ul style="list-style-type: none"> <li>• Przykłady konstrukcji wałów i osi. Obliczenia wytrzymałościowe. Osadzenie elementów na wałach maszynowych.</li> </ul>
97 Materiały konstrukcyjne i eksploatacyjne	K1A_W10, K1A_U18	Znaczenie materiałów inżynierskich w budowie i eksploatacji maszyn. Materia i jej składniki. Ogólna charakterystyka materiałów. Budowa materiałów: wiązania chemiczne, struktury. Wpływ struktury na własności. Materiały techniczne naturalne i inżynierskie. Własności i właściwości materiałów, zastosowania. Zasady doboru materiałów inżynierskich w budowie maszyn. Podstawy projektowania materiałowego. Stale i odlewnicze stopy żelaza. Metale nieżelazne i ich stopy. Materiały spiekane i ceramiczne. Szkła i ceramika szklana. Materiały polimerowe, kompozytowe, inteligentne i funkcjonalne. Metody badania materiałów. Warunki pracy i mechanizmy zużycia i dekohezji materiałów inżynierskich. Elementy komputerowej nauki o materiałach oraz komputerowego wspomagania projektowania materiałowego oraz doboru materiałów.

<p>98 Termodynamika techniczna</p>	<p>K1A_W12, K1A_W13, K1A_U11, K1A_U19</p>	<p>Podstawowe pojęcia i jednostki. Masa. Ilość substancji. Temperatura. Ciśnienie. Praca. Moc. Energia. Zasada zachowania ilości substancji. Bilans substancji w procesach fizycznych i chemicznych. Skład roztworu. Wielkości zastępcze. Równanie ciągłości.</p> <p>Pierwsza zasada termodynamiki. Bilans energii. Energia układu. Energia wewnętrzna. Entalpia. Ciepło. Praca. Szczególne przypadki bilansu energii. Rodzaje urządzeń cieplnych. Sprawność (efektywność) energetyczna.</p> <p>Obiegi termodynamiczne. Definicja entropii. Obieg Carnota silnika cieplnego, ziębiarki i pompy grzewczej.</p> <p>Termodynamika gazów doskonałych i półdoskonałych. Definicje gazów doskonałych i półdoskonałych. Termiczne równanie stanu. Kaloryczne równania stanu. Pojemności cieplne właściwe. Obliczanie entalpii, energii wewnętrznej i entropii. Roztwory gazowe. Przemiany charakterystyczne.</p> <p>Druga zasada termodynamiki. Sformułowanie II zasady termodynamiki. Zasada wzrostu entropii.</p> <p>Termodynamika pary wodnej. Stany skupienia. Izobaryczny proces odparowania. Równanie Clapeyrona-Clausiusa. Wykresy p-v, T-s, i-s dla H<sub>2</sub>O. Wyznaczanie entalpii, entropii i objętości właściwej H<sub>2</sub>O. Charakterystyczne przemiany H<sub>2</sub>O. Obieg Clausiusa-Rankine'a siłowni parowej.</p> <p>Termodynamika gazów wilgotnych. Pojęcia podstawowe. Termiczne równanie stanu. Obliczanie entalpii powietrza wilgotnego. Wykres i-X dla powietrza wilgotnego. Przemiany izobaryczne powietrza wilgotnego.</p> <p>Termodynamika spalania. Rodzaje spalania i skład spalin. Obliczanie entalpii paliw. Bilans energii. Straty w procesach spalania.</p> <p>Obiegi elektrowni i elektrociepłowni parowych.</p> <p>Siłownie gazowe i gazowo-parowe</p> <p>Ziębiarki i pompy grzewcze.</p>
<p>99 Mechanika płynów</p>	<p>K1A_W13, K1A_U19</p>	<p>Definicje i pojęcia typowe dla wielkości używanych w mechanice płynów, pojęcia lepkości, ściśliwości, ciśnienia, sił działających na elementy płynu. Podstawowe prawa Pascala, Eulera oraz wnioski z nich wynikające. Statyka Mechaniki płynów: ciśnienie, siła naporu na ściankę płaską i zakrzywioną, wypór. Stateczność ciał pływających, równowaga względna w ruchu, kinematyka mechaniki płynów (podstawowe pojęcia i twierdzenia), dynamika cieczy idealnych i rzeczywistych w mechanice płynów (pojęcia, równania i twierdzenia). Pomiar prędkości przepływu cieczy, obliczenia czasu opróżnienia zbiornika, obliczenia ilości wypływającej i przepływającej cieczy, zasada pędu w mechanice płynów, reakcja dynamiczna strugi, siła oporu, straty w przepływie. Liczby kryterialne, teoria podobieństwa przepływu.</p>
<p>100 Technologie energetyczne</p>	<p>K1A_W18, K1A_W25, K1A_U22, K1A_U23, K1A_U25, K1A_U26</p>	<p>Formy energii pierwotnej i przetworzonej. Struktura zasobów energii. Ogólna charakterystyka paliw. Podstawowe technologie przetwarzania energii pierwotnej na pracę, ciepło i energię elektryczną. Obiegi porównawcze i rzeczywiste. Systemy energetyczne.</p> <p>Podstawowe schematy elektrociepłowni. Struktura technologiczna siłowni parowej i gazowej.</p> <p>Omówienie podstawowych rodzajów maszyn roboczych i silników energetycznych. Parametry maszyn energetycznych. Budowa turbin parowych i gazowych, pomp, wentylatorów, sprężarek. Kotły parowe. Charakterystyki energetyczne maszyn i urządzeń energetycznych.</p> <p>Zasady doboru maszyn do układu. Pomiar parametrów maszyn energetycznych. Podstawowe niedomagania występujące podczas pracy maszyn i urządzeń. Zasady bezpiecznej i niezawodnej eksploatacji maszyn i urządzeń.</p>

<p>101 Przesyłanie energii elektrycznej</p>	<p>K1A_W11, K1A_W12, K1A_U16, K1A_K02</p>	<p>System elektroenergetyczny: zadania, elementy składowe (podsystemy), struktura mocy zainstalowanej w elektrowniach. Struktura sieci elektroenergetycznych w Polsce, przepływ energii w KSE. Zadania sieci przesyłowej i sieci rozdzielczych, napięcia znamionowe sieci. Stacje elektroenergetyczne: zadania, elementy składowe, przykładowy schemat rozdzielni. Rodzaje i zadania łączy wysokiego napięcia. Rodzaje i zadania transformatorów energetycznych, układy połączeń transformatorów 3-fazowych stosowanych w polskiej elektroenergetyce. Linie napowietrzne: zadania, elementy składowe (budowa), właściwości materiałów stosowanych na przewody. Zdolność przesyłowa linii napowietrznych o różnych napięciach znamionowych, pole elektryczne w otoczeniu linii. Linie kablowe: zastosowanie kabli elektroenergetycznych, budowa kabli, właściwości materiałów elektroizolacyjnych. Schemat zastępczy linii przesyłowej, parametry R, X, G i B linii. Starta i spadek napięcia w linii przesyłowej, wykres wektorowy prądów i napięć dla odcinka linii. Straty mocy czynnej i biernej w linii przesyłowej, moc naturalna linii przesyłowej. Rozpływ prądu w torze dwustronnie zasilanym, prąd składowy i wyrównawczy, punkt spływu prądów, rozkład napięcia w torze. Prąd dopuszczalny długotrwale przewodów gołych i izolowanych. Przebieg temperatury przewodów w stanach nieustalonych, stała czasowa nagrzewania przewodów. Obliczanie prądu początkowego zwarcia 3-fazowego. Przebieg czasowy prądu zwarciovego przy zwarciu odległym i przy zwarciu bliskim, składowa okresowa i nieokresowa prądu zwarciovego. Obliczanie pochodnych wielkości zwarciovych (prąd udarowy, prąd wyłączeniowy symetryczny, prąd zastępczy cieplny). Zwarcie doziemne w sieci z izolowanym punktem neutralnym. Zwarcie doziemne w sieci skompensowanej. Zabezpieczenia elektroenergetyczne: zadania, wymagania, rodzaje, budowa bezpiecznika topikowego i wyłącznika samoczynnego. Charakterystyki czasowo-prądowe bezpieczników i wyłączników samoczynnych niskiego napięcia. Zasady zabezpieczania przewodów i kabli, selektywność działania zabezpieczeń szeregowych. Zabezpieczenia silników: przeciążeniowe, zwarciovie i podnapięciowe. Zabezpieczenia transformatorów od zwarć wewnętrznych i zewnętrznych. Zabezpieczenia linii, rezerwowanie się zabezpieczeń. Układy sieci niskiego napięcia TN-C, TN-S, TT oraz IT; cechy poszczególnych układów. Instalacje elektryczne: zadania, elementy składowe, przykładowe wykonanie. Dobór przewodów i zabezpieczeń w instalacjach elektrycznych. Ochrona przeciwporażeniowa: zadania, możliwości realizacji, rodzaje ochron, klasy ochronności urządzeń elektrycznych. Ochrona przeciwporażeniowa przez szybkie wyłączenie zasilania w sieci TN przy zastosowaniu bezpieczników, wyłączników instalacyjnych lub wyłączników różnicowo-prądowych.</p>
<p>102 Podstawy automatyki</p>	<p>K1A_W09, K1A_W14, K1A_U09, K1A_U17</p>	<p>Cel automatyzacji, pojęcia: sterowania, sygnałów, członów automatyki, sprzężenia zwrotnego. Równania bilansowe prostych układów dynamicznych. Przekształcenie Laplace'a, transmitancja operatorowa. Schematy blokowe, łączenie elementów automatyki. Sposoby opisu dynamiki obiektów regulacji: równania różniczkowe i ich linearyzacja, charakterystyki częstotliwościowe. Elementy automatyki: proporcjonalny, całkujący, inercyjny pierwszego rzędu i wyższych rzędów, różniczkujący, oscylacyjny, opóźniający. Charakterystyki typowych regulatorów: P, I, PI, PD, PID. Układy automatycznej regulacji: statyczne i astatyczne. Stabilność liniowych układów regulacji, kryteria stabilności: Hurwitza i Nyquista. Dobór optymalnych parametrów regulatora.</p>
<p>103 Przepływ ciepła</p>	<p>K1A_W12, K1A_W13, K1A_U09, K1A_U19</p>	<p>Podstawowe pojęcia w przepływie ciepła. Strumień i gęstość strumienia ciepła, formy przepływu ciepła Przewodzenie ciepła. Prawo Fouriera, równanie przewodzenia ciepła, przewodzenie i przenikanie ciepła przez przegrody jednowymiarowe, pręty i żebra. Konwekcja. Istota, rodzaje konwekcji, prawo Newtona, współczynnik wnikania ciepła i jego wyznaczenie w ważniejszych praktycznie przypadkach konwekcji. Promieniowanie. Istota, podstawowe prawa dotyczące wymiany ciepła przez promieniowanie, obliczanie prostych zadań radiacyjnej wymiany ciepła. Wymienniki ciepła. Typy wymienników ciepła, obliczanie wymienników ciepła.</p>



104 Podstawy eksploatacji w energetyce

K1A\_W11,  
K1A\_W17,  
K1A\_U22,  
K1A\_U23

Podstawy teorii eksploatacji

- Pojęcia ogólne. Stany eksploatacji. Cel eksploatacji instalacji energetycznych. Kryteria trwałości i efektywności oceny sposobu prowadzenia eksploatacji. Składowe systemu eksploatacji instalacji energetycznych.

- Współpraca maszyn i urządzeń podczas eksploatacji. Wpływ warunków eksploatacji na pracę maszyn i urządzeń.

Diagnostyka

- Pojęcie stanu technicznego. Zakres diagnostyki. Metody określania aktualnego stanu technicznego z wykorzystaniem mierzalnych i niemierzalnych symptomów stanu. Zmiany symptomów stanu w dłuższych okresach eksploatacji.

Pomiary w instalacjach energetycznych

- Zakres pomiarów. Typowe systemy pomiarowe dla poszczególnych elementów instalacji energetycznych. Systemy zabezpieczeń.

- Metody przetwarzania i archiwizacji wartości uzyskanych z pomiarów. Wskaźniki eksploatacyjno-ekonomiczne

- Podstawowe charakterystyki energetyczne instalacji. Współpraca maszyn i urządzeń w sieciach równoległych i szeregowych. Pojęcie punktu pracy.

- Charakterystyki głównych maszyn i urządzeń w instalacjach energetycznych (turbina, wymiennik regeneracyjny, skraplacz itp.).

Zabezpieczenie instalacji przed zniszczeniem

- Kryterium naprężeń i odkształceń dopuszczalnych. Kryterium nośności granicznej. Procesy zmęczenia i pełzania. Charakterystyki zmęczeniowe i pełzaniowe. Pojęcie zużycia elementu.

Nadzór cieplno-wytrzymałościowy

- Metody kontroli stanu wytrzymałościowego w stanach ustalonych i niustalonych. Kryteria temperaturowe. Charakterystyki rozruchowe.

105 Gospodarka energetyczna

K1A\_W16,  
K1A\_W19,  
K1A\_W20,  
K1A\_U21

Paliwa i nośniki energetyczne, system energetyczny. Procesy fizyczne i chemiczne, wartość opałowa i entalpia dewaluacji. Sporządzanie bilansów substancji i energii dla typowych urządzeń energetycznych - pieca grzejnego i kotła. Skojarzone i rozdzielone wytwarzanie ciepła. Elektrociepłownie z turbinami przeciwprężnymi

i upustowo-kondensacyjnymi. Sprawności cząstkowe wytwarzania ciepła grzejnego i energii elektrycznej w elektrociepłowniach

węglowych. Oszczędność energii chemicznej paliwa w elektrociepłowniach węglowych. Elektrociepłownie parowo-gazowe, stosowane układy. Rodzaje energii odpadowej, efekt ekonomiczny wykorzystania energii odpadowej, wykorzystanie wewnętrzne i zewnętrzne.

Rekuperacyjne podgrzewanie substratów spalania, produkcja czynnika grzejnego dla odbiorców zewnętrznych, wykorzystanie entalpii czynnika chłodzącego urządzenia technologiczne, wykorzystanie podwyższonego ciśnienia gazów odlotowych, spalanie paliw

odpadowych. Racjonalizacja procesów przemysłowych. Wskaźniki skumulowanego zużycia energii. Wskaźniki skumulowanego zużycia energii dla podstawowych wybranych produktów gospodarki kraju. Metody obliczania wskaźników. Sposoby akumulacji energii,

elektrownie szczytowo-pompowe, akumulacja energii za pomocą sprężonego powietrza, izobaryczne i nieizobaryczne zasobniki ciepła, inne sposoby akumulacji energii. Współpraca zasobników ciepła

z siecią parową lub wodną.

106 Inżynieria finansowa w energetyce	K1A_W16, K1A_W21, K1A_W22, K1A_U12, K1A_U14	<p>Inwestycje – cele, możliwości lokowania kapitału, ryzyko inwestycyjne. Przepływy pieniężne i ich składniki. Metody amortyzacji. Składniki środków inwestycyjnych. Koszty stałe i zmienne. Koszty korzystania ze środowiska. Zasady rachunku dyskonta. Wskaźniki efektywności ekonomicznej projektów. Kryteria opłacalności. Parametry techniczne instalacji a opłacalność projektu. Analiza wrażliwości. Wpływ stopy dyskonta na opłacalność inwestycji. Szacowanie nakładów inwestycyjnych. Metody finansowania przedsięwzięć inwestycyjnych. Płynność finansowa. Analiza opłacalności w projektach modernizacyjnych. Etapy analizy techniczno-ekonomicznej projektu. Elementy audytu energetycznego. Uwarunkowania opłacalności projektów w energetyce i ochronie środowiska:</p> <p>- czynniki makroekonomiczne; - czynniki mikroekonomiczne; - regulacje prawne. Przykłady analiz opłacalności projektów inwestycyjnych.</p>
107 Odnawialne źródła energii	K1A_W16, K1A_W18, K1A_W19, K1A_U24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ogólna charakterystyka odnawialnych źródeł energii. Systemy wytwarzania energii elektrycznej i ciepła a środowisko naturalne.</li> <li>• Energia promieniowania słonecznego. Pasywne i aktywne systemy wykorzystania energii promieniowania słonecznego. Kolektory słoneczne. Elektrownie słoneczne. Możliwości wykorzystania energii słonecznej w Polsce.</li> <li>• Energetyka wiatrowa. Zasada działania siłowni wiatrowych. Stan obecny i możliwości rozwoju energetyki wiatrowej.</li> <li>• Niekonwencjonalne wykorzystanie energii wód. Energia pływów, fal i prądów morskich. Energia termiczna mórz i oceanów.</li> <li>• Biomasa i biopaliwa. Układy wytwarzania energii elektrycznej i ciepła grzewczego wykorzystujące biomasę. Możliwości pozyskania energii z odpadów komunalnych i przemysłowych.</li> <li>• Energia geotermalna. Wykorzystanie energii geotermalnej do wytwarzania energii elektrycznej i ciepła. Pompy ciepła. Zastosowanie energii geotermalnej w układach z pompami ciepła.</li> <li>• Aspekty ekologiczne i ekonomiczne wykorzystania odnawialnych źródeł energii.</li> </ul>
108 Pomiary wielkości energetycznych	K1A_W14, K1A_U09	<p>Klasyfikacja pomiarów. Narzędzia pomiarowe, konstrukcja przyrządu. Metody pomiarowe. Parametry charakteryzujące mierzone wielkości fizyczne. Przetworniki pomiarowe i ich własności. Pomiary wielkości energetycznych: temperatury, poziomu, ciśnienia, strumienia substancji, mocy mechanicznej, wilgotności powietrza.</p>

109 Przedmioty obieralne - Blok I (3 przedmioty)

#### Zestaw 1:

##### 1. Maszyny przepływowe

Zasada działania turbin cieplnych. Ogólny podział turbin. Turbiny akcyjne i reakcyjne. Elementarna teoria stopnia. Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych turbin parowych i gazowych. Podział wentylatorów i sprężarek, dziedziny zastosowań. Spiętrzenie całkowite, moc użyteczna, sprawność oraz przyrost temperatury w wentylatorze. Charakterystyki, punkt pracy, współpraca z siecią.

K1A\_W11,  
K1A\_W17,  
K1A\_W19,  
K1A\_W20,  
K1A\_U20,  
K1A\_U21,  
K1A\_U22,  
K1A\_U25,  
K1A\_U27,  
K1A\_U28

Podstawowe wiadomości o pompach wirowych i wyporowych: Kształty i proporcje wirników. Rodzaje strat w pompie i sprawności. Moc użyteczna, sprawność i moc na wale pompy. Charakterystyki podstawowe i uniwersalne. Objawy kawitacji w pompie wirowej i sposoby jej zapobiegania.

##### 2. Czyste technologie energetyczne

Wyznaczniki czystości i nowoczesności w technologiach energetycznych. Nowoczesne siłownie parowe z kotłami pyłowymi oraz fluidalnymi. Nowoczesne turbiny parowe i gazowe.

##### 3. Paliwa i ich spalanie

Paliwa i surowce energetyczne. Perspektywy energetyczne. Odnawialne źródła energii. Charakterystyka paliw stałych, ciekłych i gazowych; paliwa naturalne i wtórne. Spalanie paliw: zapotrzebowanie powietrza, skład spalin, substancje szkodliwe. Analiza energetyczna procesów spalania: energia paliwa, bilans energii, straty energii.

Podstawy techniki spalania: tworzenie mieszanki palnej, szybkość spalania, teoria zapłonu, granice zapłonu, spalanie dyfuzyjne i kinetyczne. Technologie niskoemisyjnego spalania. Technologie odgazowania i zgazowania paliw stałych.

#### Zestaw 2:

##### 1. Nowoczesne technologie energetyczne

Wyznaczniki nowoczesności w technologiach energetycznych. Nowoczesne siłownie parowe z kotłami pyłowymi. Kotły parowe fluidalne. Nowoczesne turbiny gazowe. Konstrukcje pomp w układach na parametry nadkrytyczne i energetyce jądrowej. Kryteria doboru pomp, rodzaje napędów. Rekuperacja energii hydraulicznej w wybranych technologiach.

##### 2. Modelowanie systemów energetycznych

Istota modelowania matematycznego. Pojęcie systemu energetycznego. Metody opisu struktury systemów energetycznych. Wskaźniki jednostkowego zużycia energii. Pojęcie charakterystyki energetycznej. Metody identyfikacji charakterystyk energetycznych urządzeń cieplnych. Statystyczne metody doboru współczynników charakterystyk energetycznych. Wybrane charakterystyki urządzeń cieplnych. Zastosowanie teorii przepływów międzygałęziowych do modelowania matematycznego systemów energetycznych. Model matematyczny liniowy przemysłowego systemu energetycznego do planowania produkcji nośników energii. Przykład budowy modelu matematycznego na bazie uproszczonego schematu cieplnego elektrociepłowni przemysłowej.

##### 3. Energetyczne wykorzystanie biomasy

Definicja biomasy, uregulowania prawne determinujące użycie biomasy jako nośnika energii, charakterystyka paliw standardowych, właściwości biomasy jako źródła energii (słoma, drewno, osady ściekowe, biogaz, biopaliwa płynne); spalanie, bilans energetyczny procesu spalania biomasy, przykłady systemów spalających biomasę, współspalanie, zgazowanie, piroliza; przykłady instalacji w Polsce i na świecie, perspektywy rozwoju wykorzystania biomasy jako źródła energii.

110 Przedmioty obieralne - Blok II (2 przedmioty)

K1A\_W11,  
K1A\_W12,  
K1A\_W15,  
K1A\_W17,  
K1A\_W25,  
K1A\_U25,  
K1A\_U27,  
K1A\_U28

#### 1. Generacja pary

Ogólna klasyfikacja kotłów. Wielkości charakterystyczne kotłów. Zasada działania i budowa kotła. Paliwa kotłowe i ich własności. Zależności stechiometryczne w spalaniu paliw. Kontrola procesu spalania. Bilans cieplny kotła. Sprawność i straty ciepłe. Zużycie paliwa. Paleniska – rusztowe, komorowe, fluidalne. Młyny i instalacje młynowe. Palniki i ich rozmieszczenie w komorze paleniskowej. Układy wodno-parowe kotłów. Zjawiska zachodzące podczas wytwarzania pary. Rodzaje obiegów wodnych. Powierzchnie ogrzewalne – parowniki, przegrzewacze pary, podgrzewacze wody, podgrzewacze powietrza. Regulacja temperatury pary. Przepływy powietrza i spalin. Zanieczyszczenie powierzchni ogrzewalnych, erozja i korozja. Konstrukcja nośna, opancerzenie i izolacja. Eksploatacja kotłów i jej wpływ na środowisko.

#### 2. Energetyka komunalna

Nośniki energetyczne i media w energetyce komunalnej, wytwarzanie i przesyłanie gorącej wody, układy sieci rurociągowych. Skumulowane zużycie energii, zastosowania w energetyce komunalnej. Audyt energetyczny w energetyce komunalnej, budynki, instalacje zaopatrzenia w ciepło, zastosowania termowizji w ocenie budynków i instalacji energetycznych. Metodologia sporządzania świadectw charakterystyki energetycznej budynku. Zaopatrzenie w ciepło, węzły cieplne, regulacja poboru ciepła, rodzaje regulacji. Skojarzone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej, sprawności cząstkowe wytwarzania ciepła i energii elektrycznej w elektrociepłowniach węglowych, turbiny stosowane w elektrociepłowniach, elektrociepłownie parowo gazowe, spalanie biomasy, kotły retortowe i kondensacyjne. Akumulacja ciepła, zastosowanie zasobników w ciepłownictwie. Pompy ciepła, rodzaje, zastosowanie w energetyce komunalnej.

#### Zestaw 2:

##### 1. Kotły i urządzenia kotłowe

Ogólna klasyfikacja kotłów. Wielkości charakterystyczne kotłów. Zasada działania i budowa kotła. Paliwa kotłowe i ich własności. Zależności stechiometryczne w spalaniu paliw. Kontrola procesu spalania. Bilans cieplny kotła. Sprawność i straty ciepłe. Zużycie paliwa. Paleniska – rusztowe, komorowe, fluidalne. Młyny i instalacje młynowe. Palniki i ich rozmieszczenie w komorze paleniskowej. Układy wodno-parowe kotłów. Zjawiska zachodzące podczas wytwarzania pary. Rodzaje obiegów wodnych. Powierzchnie ogrzewalne – parowniki, przegrzewacze pary, podgrzewacze wody, podgrzewacze powietrza. Regulacja temperatury pary. Przepływy powietrza i spalin. Zanieczyszczenie powierzchni ogrzewalnych, erozja i korozja. Konstrukcja nośna, opancerzenie i izolacja. Eksploatacja kotłów i jej wpływ na środowisko.

##### 2. Energetyka gazowa

Podstawowe paliwa gazowe i technologie ich pozyskania Właściwości paliw gazowych i ich cechy Wykorzystanie paliw gazowych w ogrzewnictwie (kotły gazowe klasyczne i kondensacyjne); Podstawowe układy siłowni z turbinami gazowymi; Sposoby zwiększania sprawności turbin gazowych: regeneracja ciepła, chłodzenie międzystopniowe, wtrysk pary i wody, siłownie gazowo – parowe; Gazowe silniki spalinowe; Elektrociepłownie z turbinami gazowymi i gazowymi silnikami (układ prosty, elektrociepłownia przemysłowa i komunalna z turbiną gazową, elektrociepłownia w układzie Chenga, elektrociepłownie gazowo-parowe, układy CHP na bazie silników spalinowych), Zastosowanie niekonwencjonalnych paliw w układach gazowych (układy zintegrowane ze zgazowaniem paliw stałych i biomasy, wykorzystanie biogazów i gazów z odmetanowania kopalń); Wykorzystanie wodoru (wysokotemperaturowe układy gazowe, ogniwa paliwowe); Wykorzystanie siłowni ORC w układach energetyki gazowej.

111 Przedmioty obieralne - Blok II (2 przedmioty)

K1A\_W11,  
K1A\_W12,  
K1A\_W15,  
K1A\_W17,  
K1A\_W25,  
K1A\_U25,  
K1A\_U27,  
K1A\_U28

1. Generacja pary  
Ogólna klasyfikacja kotłów. Wielkości charakterystyczne kotłów. Zasada działania i budowa kotła. Paliwa kotłowe i ich własności. Zależności stechiometryczne w spalaniu paliw. Kontrola procesu spalania. Bilans cieplny kotła. Sprawność i straty ciepłe. Zużycie paliwa. Paleniska – rusztowe, komorowe, fluidalne. Młyny i instalacje młynowe. Palniki i ich rozmieszczenie w komorze paleniskowej. Układy wodno-parowe kotłów. Zjawiska zachodzące podczas wytwarzania pary. Rodzaje obiegów wodnych. Powierzchnie ogrzewalne – parowniki, przegrzewacze pary, podgrzewacze wody, podgrzewacze powietrza. Regulacja temperatury pary. Przepływy powietrza i spalin. Zanieczyszczenie powierzchni ogrzewalnych, erozja i korozja. Konstrukcja nośna, opancerzenie i izolacja. Eksploatacja kotłów i jej wpływ na środowisko.

## 2. Energetyka komunalna

Nośniki energetyczne i media w energetyce komunalnej, wytwarzanie i przesyłanie gorącej wody, układy sieci rurociągowych. Skumulowane zużycie energii, zastosowania w energetyce komunalnej. Audyt energetyczny w energetyce komunalnej, budynki, instalacje zaopatrzenia w ciepło, zastosowania termowizji w ocenie budynków i instalacji energetycznych. Metodologia sporządzania świadectw charakterystyki energetycznej budynku. Zaopatrzenie w ciepło, węzły ciepłownicze, regulacja poboru ciepła, rodzaje regulacji. Skojarzone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej, sprawności cząstkowe wytwarzania ciepła i energii elektrycznej w elektrociepłowniach węglowych, turbiny stosowane w elektrociepłowniach, elektrociepłownie parowo gazowe, spalanie biomasy, kotły retortowe i kondensacyjne. Akumulacja ciepła, zastosowanie zasobników w ciepłownictwie. Pompy ciepła, rodzaje, zastosowanie w energetyce komunalnej.

## Zestaw 2:

### 1. Kotły i urządzenia kotłowe

Ogólna klasyfikacja kotłów. Wielkości charakterystyczne kotłów. Zasada działania i budowa kotła. Paliwa kotłowe i ich własności.

112 Przedmioty obieralne - Blok III (6 przedmiot.)

K1A\_W11,  
K1A\_W15,  
K1A\_W17,  
K1A\_W24,  
K1A\_U09,  
K1A\_U22,  
K1A\_U25,  
K1A\_U26,  
K1A\_U27,  
K1A\_U28,  
K1A\_K02,  
K1A\_K03

## Zestaw 1:

### 1. Sterownie urządzeniami cieplnymi

Zamknięty układ regulacji. Regulatory nczg działania. Regulatory czg działania. Armatura zaworowa. Elementy nastawcze – zawory regulacyjne. Elementy nastawcze – przemienniki częstotliwości. Czujniki i przetworniki. Sterowniki programowalne, wizualizacja i systemy sterowania rozproszonego. Układy sterowania i regulacji urządzeń. Układy bezpieczeństwa maszyn i procesów. Układy automatyki, sterowania i pomiarów wybranych obiektów. Eksploatacja zaworów regulacyjnych.

### 2. Wspomaganie decyzji eksploatacyjnych

Podstawowe pojęcia eksploatacyjne. Zasady eksploatacji urządzeń. Remonty, rozruchy i odstawienia podstawowych maszyn i urządzeń energetycznych. Zbieranie i przetwarzanie danych eksploatacyjnych. Ogólna procedura wspomaganie decyzji eksploatacyjnych. Analiza potrzeb - przesłanki modernizacji warunków eksploatacji (poprawa wskaźników eksploatacyjnych, ekonomicznych i ekologicznych, przedłużenie czasu pracy). Ocena stanu wyjściowego w zakresie efektywności pracy kotłów i turbin. Ocena stanu wyjściowego w zakresie trwałości (wyznaczenie stopnia zużycia elementów). Wspomaganie decyzji eksploatacyjnych i remontowych na podstawie wyznaczonych symptomów uszkodzeń. Przykłady adaptacji turbin parowych do pracy w zmienionych warunkach (przystosowanie turbiny kondensacyjnej do pracy ciepłowniczej). Analiza możliwości dalszej pracy turbin parowych w dotychczasowych warunkach (pozostały czas pracy elementów). Główne działania modernizacyjne związane z przedłużeniem czasu pracy turbin.

### 3. Układy pompowe i napędy hydrauliczne

Podstawowe wiadomości z hydrauliki maszyn hydraulicznych: straty tarcia tarczy wirującej w cieczy, przepływy przez szczeliny. Wiadomości o pompach wirowych i wyporowych: Jednowymiarowa teoria przepływu pomp krętnych. Wyróżnik szybkobieżności oraz kształty i proporcje wirników. Rodzaje strat w pompie i sprawności. Moc użyteczna i moc na wale pompy. Obliczeniowa charakterystyka rzeczywista pompy krętej i pomiar charakterystyki na stacji prób. Charakterystyka uniwersalna pompy wirowej. Algorytm obliczeń głównych wymiarów wirnika i kierownicy pompy odśrodkowej. Punkt pracy układu pompowego i dobór pompy oraz jej ocena. Jednostkowe zużycie energii elektrycznej. Ssanie pomp wirowych i NPSH. Objawy kawitacji w pompie wirowej i sposoby jej zapobiegania. Łączenie pomp wirowych; Regulacja parametrów pracy pompy wirowej. Wykres muszlowy. Omówienie równania Bernoulliego dla cieczy rzeczywistych i wykorzystanie go do bilansu energetycznego układu pompowego. Użyteczna wysokość podnoszenia pompy, użyteczna wysokość podnoszenia rurociągu (układu pompowego). Rodzaje układów pompowych Zjawisko kawitacji w pompach i rurociągach. Wykres piezometryczny dla rurociągu i nadwyżka antykawitacyjna w jego charakterystycznych przekrojach. Zjawisko uderzenia hydraulicznego w rurociągu i sposoby zapobiegania jego skutkom. Typy układów pompowych: ssące tłoczących, z napływem, obiegowych, magistralnych, sieci i ich przykłady w gospodarce: obieg kotła, sieć wodociągowa, sieć ciepłownicza. Konstrukcje podstawowych maszyn i urządzeń w napędach hydraulicznych.

### 4. Elektrociepłownie i ciepłownie

Definicja skojarzonego wytwarzania ciepła i elektryczności, uregulowania prawne Polski i UE w zakresie kogeneracji, charakterystyka podsystemu ciepło-energetycznego, przykłady układów elektrociepłowni i ciepłowni w Polsce i na świecie, bilans energetyczny układów elektrociepłowni i ciepłowni, wskaźniki oceny energetycznej elektrociepłowni i ciepłowni, oddziaływania elektrociepłowni i ciepłowni na środowisko naturalne.

### 5. Chłodnictwo i klimatyzacja

Zasady działania, obiegi termodynamiczne teoretyczne i rzeczywiste dla parowych jednostopniowych urządzeń chłodniczych. Obiegi teoretyczne dwustopniowych sprężarkowych urządzeń chłodniczych. Czynniki chłodnicze – podział, oznaczenia, wskaźniki ekologiczne, zamienniki, zakresy stosowania, uwarunkowania prawne. Chłodziwa – rodzaje, właściwości, kryterium doboru, zastosowanie. Zasady obliczania obciążenia chłodniczego dla urządzeń chłodniczych oraz klimatyzacyjnych. Odzysk ciepła skraplania czynnika chłodniczego w układach chłodniczych. Komfort cieplny oraz jakość powietrza w klimatyzacji. Wykorzystanie do obliczeń wykresu Moliera i Carriera dla powietrza wilgotnego. Przemiany termodynamiczne i obiegi teoretyczne w układach klimatyzacji (obiegi powietrza zamknięte otwarte, recyrkulacja, nagrzewanie, nawilżanie, ochładzanie, osuszanie przez ochładzanie powietrza). Typowe urządzenia stosowane w klimatyzacji np. klimatyzatory, chillery wodne, nawilżacze, osuszacze, nagrzewnice oraz charakterystyki energetyczne urządzeń klimatyzacyjnych. Systemy klimatyzacji. Odzysk ciepła w układach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych. Typowe urządzenia do chłodzenia wody przemysłowej oraz obiegi wody przemysłowej.

### 6. Statystyczne opracowanie pomiarów

Pozyskiwanie danych, analiza statystyczna poszczególnych etapów realizacji pomiarów i badań. Wykorzystywanie pakietów statystycznych, narzędzi informatycznych do badania struktury oraz uwarunkowań zmienności danych pomiarowych.

## Zestaw 2:

### 1. Układy potrzeb własnych w energetyce

Elektrownie w systemie elektroenergetycznym. Rodzaje elektrowni. Zmienność i rozdział obciążeń. Charakterystyka ogólna procesu technologicznego elektrowni parowych konwencjonalnych, gazowo – parowych, jądrowych, spalinowych, wodnych, wiatrowych i słonecznych. Układ wytwarzania i odprowadzania energii elektrycznej (generatory, transformatory, układy i urządzenia elektryczne rozdzielni głównej). Układy wzbudzenia generatorów. Urządzenia potrzeb własnych (UPW) elektrowni parowych. Napędy elektryczne UPW. Układ zasilania UPW. Rozdzielnice potrzeb własnych (PW) bloków wysokiego i niskiego napięcia. Rozdzielnice PW ogólnych. Układy zasilania rezerwowego. Źródła niezawodnego zasilania. Rozdzielnice PW napięcia gwarantowanego. Rozdzielnice PW prądu stałego. Urządzenia i układy zasilania PW elektrowni gazowo-parowych. PW części gazowej i parowej. Układy mieszane. Układy zasilania UPW elektrowni jądrowych. Układy zasilania UPW elektrociepłowni parowych i gazowo-parowych. Rodzaje elektrowni wodnych i ich wyposażenie. Układy zasilania UPW generatorowych. Układy zasilania UPW własnych ogólnych. Elektrownie wiatrowe: rodzaje elektrowni, wyposażenie, układy połączeń. PW stacji elektroenergetycznych. Zabezpieczenia elektryczne i automatyka elektroenergetyczna.

### 2. Systemy diagnostyczne

Wielkości procesowe we współczesnych siłowniach cieplnych. Proste układy sterowania i diagnostyki. Monitorowanie stanu technicznego maszyn i urządzeń. Monitoring składu warstwy przyściennej spalin. Diagnostyka szybkości korozji wysokotemperaturowej. Pomiar specjalne w energetyce.

### 3. Sprężarki i wentylatory

Budowa i zasada działania sprężarek (definicja sprężarki, podział sprężarek, parametry pracy sprężarek różnych typów, konstrukcja sprężarek przepływowych, zastosowanie sprężarek, określanie sprawności sprężarki, sprężanie wielostopniowe, chłodzenie czynnika sprężanego, moce i sprawności), Zasady podobieństwa przepływu gazu przez sprężarkę (warunki podobieństwa przepływu, wskaźniki charakterystyczne sprężarek, wpływ prędkości obrotowej i skali geometrycznej stopnia sprężarki na parametry pracy, warunki odniesienia). Analiza przepływu w stopniu sprężarki wirnikowej (trójkąty prędkości, podstawowe równanie maszyn przepływowych, współczynniki strat, przepływy konfuzorowe i dyfuzorowe). Promieniowy stopień sprężarkowy (koło wirnikowe, przepływ w przekroju wlotowym i wylotowym koła wirnikowego, podstawowe wielkości geometryczne kół wirnikowych, dyfuzory, przewał i kanał nawrotny, straty w stopniu sprężarki promieniowej). Osiowy stopień sprężarkowy (ogólny opis przepływu przez osiowy układ łopatkowy, przepływ przez płaską palisadę profili, geometria profilu i palisady, podstawowe wielkości geometryczne stopnia sprężarki osiowej). Współpraca sprężarek z odbiornikiem (charakterystyki pracy sprężarek, współpraca sprężarki z siecią sprężonego gazu, równoległa współpraca sprężarek, szeregową współpracą sprężarek, regulacja i regulacyjność różnych typów sprężarek).

### 4. Ciepłownictwo i ogrzewnictwo

Pojęcie komfortu cieplnego, rodzaje ogrzewania

113 Przedmioty obieralne - Blok IV (4 przedmioty)

K1A\_W11,  
K1A\_W17,  
K1A\_W18,  
K1A\_W24,  
K1A\_U17,  
K1A\_U23,  
K1A\_U25,  
K1A\_U27,  
K1A\_U28

#### Zestaw 1:

##### 1. Technologie oczyszczania spalin

Charakterystyka głównych zanieczyszczeń emitowanych z procesów energetycznego spalania paliw. Podstawy prawne i standardy emisji zanieczyszczeń. Technologie ograniczania emisji zanieczyszczeń. Odpylanie spalin kotłowych – urządzenia i instalacje. Mechaniczne urządzenia odpylające. Elektrofiltry. Konstrukcja zasada działania i zastosowanie. Skuteczność działania. Filtry workowe. Technologie transportu odpadów paleniskowych. Instalacje mechanicznego transportu popiołu i żużla. Transport pneumatyczny popiołu. Urządzenia w układach transportu popiołu w energetyce. Podajniki komorowe. Rozdzielacze przepływu. Zamknięcia celkowe. Rurociągi transportowe. Zbiorniki retencyjne i magazynowe popiołu. Ograniczanie emisji tlenków siarki SO<sub>x</sub>. Podział i systematyka metod odsiarczania spalin. Podstawowe procesy technologiczne w suchych, półsuchych i mokrych metodach odsiarczania. Przykładowe instalacje odsiarczania spalin.

##### 2. Regulacja turbozespołów

Cel regulacji turbin. Statyczna charakterystyka regulacji prędkości kątowej. Wydzielona i równoległa praca turbozespołów. Synchronizacja turbozespołów z siecią. Regulacja pierwotna i wtórna turbozespołów. Regulacja wieloparametrowa turbin ciepłowniczych i przemysłowych. Regulacja turbin upustowo-kondensacyjnych i przeciwnieprężnych z regulowanym lub poślizgowym ciśnieniem pary wylotowej. Regulacja bloku energetycznego: stałociśnieniowa i z poślizgowymi parametrami pary. Praca turbiny w systemie ARCM. Regulacja turbin gazowych. Elementy układu regulacji. Układy zabezpieczeń turbin.

##### 3. Audyting w energetyce

Cel, rodzaje i metodyka wykonywania audytingu energetycznego. Podstawy prawne audytów i certyfikatów energetycznych. Klimatyzacja i wentylacja. Możliwość stosowania: rekuperacji, wymienników gruntowych, pomp ciepła, zielonej energii. Priorytety działań energooszczędnych. Metody termo-renowacji. Obliczenia cieplne. Metody diagnostyki energetycznej. Wskaźniki energochłonności i sposoby jej zmniejszenia. Kotły grzewcze i przemysłowe – racjonalizacja działania. Racjonalizacja użytkowania energii elektrycznej. Wentylatory, pompy i sprężarki – racjonalizacja działania. Analiza opłacalności przedsięwzięć usprawniających. Certyfikaty energetyczne.

##### 4. Elektroenergetyka

Ogólna charakterystyka systemu elektroenergetycznego. Struktura sieci przesyłowej i rozdzielczej. Obliczenia sieciowe: wyznaczenie rozprężu prądów (mocy) w prostych układach sieciowych, obliczenia spadków napięcia. Obliczenia prądów zwarciovych przy zwarciach międzyfazowych, sposoby pracy punktu gwiazdowego krajowych sieci elektroenergetycznych. Straty mocy i energii w układach elektrycznych, minimalizacja strat w eksploatacji. Bilans energetyki zawodowej. Systematyka strat. Zasady i zależności wyznaczania strat mocy i energii. Wielkości opisujące. Praca równoległa transformatorów. Nagrzewanie torów prądowych w różnych stanach pracy elementów układu elektroenergetycznego.



## Zestaw 2:

### 1. Gospodarka wodna i układy chłodzenia

Parametry jakości wody i ścieków – metody analityczne. Wymagania jakości wody stosowanej w układach chłodzenia oraz do celów kotłowych, wraz ze znajomością sposobów przygotowywania wody na w/w cele. Rodzaje powstających ścieków w trakcie produkcji energii w elektrowni, zapoznanie ze skutkami negatywnymi wprowadzenia ścieków nieoczyszczonych do środowiska oraz zaznajomienie z głównymi metodami służącymi do ich oczyszczenia.

### 2. Eksploatacja elektrowni i elektrociepłowni

Podstawowe pojęcia eksploatacyjne. Zasady eksploatacji maszyn i urządzeń. Zagadnienia niezawodności i awaryjności. Sposoby regulacji bloku energetycznego. Pierwotna i wtórna regulacja turbozespołów. Stałościennowa i poślizgowa regulacja bloku. Regulacja turbozespołów ciepłowniczych. Układy zabezpieczeń maszyn i urządzeń energetycznych. Zbieranie i przetwarzanie danych eksploatacyjnych. Systemy diagnostyczne. Diagnostyka cieplno-przepływowa maszyn i urządzeń energetycznych. Bieżąca i okresowa ocena strat bloku. Systemy nadzoru wspomagające eksploatację. Wpływ zużycia elementów układu cieplnego na wskaźniki pracy bloku. Charakterystyki uruchamiania bloków energetycznych. Odstawienia bloków.

### 3. Podstawy prawne w energetyce

Omówienie podstawowych zasad legislacji. Ogólne omówienie ustawy Prawo energetyczne. Określenia użyte w Ustawie (wybrane). Obowiązujące rozporządzenia związane z ustawą Prawo energetyczne. Dyrektywy Unii Europejskiej. Ustawa Prawo energetyczne a bezpieczeństwo energetyczne. Polityka energetyczna Polski. Odnawialne Źródła Energii – mechanizmy wsparcia w polskim ustawodawstwie (certyfikaty). Skojarzone wytwarzanie ciepła i elektryczności – mechanizmy wsparcia w polskim ustawodawstwie. Zasada dostępu stron trzecich do sieci, konkurencja na rynkach energii. Zasady kształtowania tary dla ciepła, paliw gazowych oraz energii elektrycznej. Wybrane regulacje dotyczące ochrony środowiska oraz mechanizmy określania opłat za korzystanie ze środowiska.