

Jednostka prowadząca: Wydział Techniczny

Kierunek studiów: Elektronika i telekomunikacja

Nazwa przedmiotu: Anteny i fale

Charakter przedmiotu: kierunkowy, obowiązkowy

Typ studiów: inżynierskie I-go stopnia, stacjonarne/niestacjonarne

Formy dydaktyczne i terminarz:

Forma przedmiotu	Wykład	Ćwiczenia	Laboratorium	Projekt	Seminarium
Rok studiów/Semestr	3/6			3/6	3/6
Liczba godzin w semestrze	30/18			15/10	15/10
Forma zaliczenia	Egzamin			zal.na ocenę	zal.na ocenę
Liczba punktów ECTS	3/3			1/1	1/1

WYKŁAD

Wymagania wstępne:

Brak wymagań wstępnych.

Cele kształcenia:

Celem przedmiotu jest przekazanie studentowi wiedzy dotyczącej podstaw techniki antenowej i propagacji fal radiowych w różnych zakresach częstotliwości oraz problematyki pomiarów anten. Uczestnictwo w wykładzie umożliwi studentowi zapoznanie się z podstawowymi pojęciami, zjawiskami i mechanizmami związanymi z promieniowaniem fal oraz projektowaniem, konstrukcją, parametrami i technikami pomiaru różnego rodzaju anten stosowanych w urządzeniach i systemach radiokomunikacyjnych. Wiedzą tą posługiwać się będą studenci rozwiązujący samodzielnie w ramach projektu zadania projektowe i problemowe, ważne w praktyce inżynierskiej, oraz prezentujący w ramach seminarium wybrane zagadnienia na podstawie przeglądu literatury krajowej i zagranicznej. Z wiedzy tej korzystać będą też studenci rozwiązujący w ramach pracy dyplomowej określone zadania inżynierskie z zakresu techniki antenowej. Wykład wprowadza w problematykę techniki antenowej i fal elektromagnetycznych. Po przypomnieniu podstaw elektromagnetyzmu oraz zagadnień związanych z falą płaską rozchodzącą się w wolnej przestrzeni i falą padającą na granicę dwóch ośrodków, przedstawiane są następujące zagadnienia: antena jako źródło promieniowania, jej opis, parametry i charakterystyki promieniowania, proste i złożone struktury promieniujące, w tym antenowe układy fazowane, wielowiązkowe i o skanowanej wiązce głównej promieniowania, najczęściej stosowane anteny w urządzeniach i systemach radiokomunikacyjnych, pomiary anten oraz rozchodzenie się fal radiowych w różnych zakresach częstotliwości.

Metody dydaktyczne:

Wykład prowadzony w zasadzie z wykorzystaniem rzutnika multimedialnego. Istotne zagadnienia, wymagające szczegółowych wyjaśnień, prezentowane są metodą tradycyjną, z wykorzystaniem kredy i tablicy. Materiały do wykładu przygotowane w formie elektronicznej udostępniane są studentom na pierwszym wykładzie.

Zasady i kryteria zaliczenia:

Pozytywny wynik egzaminu pisemnego w pierwszym terminie lub egzaminu ustnego w drugim terminie. Egzamin pisemny składa się z opisu wybranych zagadnień problemowych i odpowiedzi w postaci testu sprawdzającego wiadomości szczegółowe. Na egzaminie ustnym student odpowiada na trzy pytania z listy podstawowych zagadnień problemowych, przedstawionej i udostępnionej studentom na pierwszym wykładzie.

Treści programowe:

1. Przypomnienie podstaw elektromagnetyzmu. Postać całkowa i różniczkowa równań Maxwella, równania falowe, potencjały e.m., warunki brzegowe, rodzaje ośrodków, energia zmagazynowana w polu elektrycznym i magnetycznym, wektor Poyntinga. Fala płaska, fala w wolnej przestrzeni, fala padająca na granicę dwóch ośrodków.
2. Antena jako źródło promieniowania. Klasyfikacja i zastosowania anten. Rola anteny w łączu radiowym w ujęciu systemowym. Porównanie systemów transmisji przewodowej i radiowej. Równanie zasięgu.
3. Dipol idealny. Parametry anten – charakterystyka promieniowania, kierunkowość, zysk energetyczny, apertura maksymalna i powierzchnia skuteczna, polaryzacja anteny, temperatura szumowa.
4. Proste struktury promieniujące. Dipol krótki, dipol półfalowy, dipole proste i pętlowe, unipole, małe anteny pętlowe.
5. Anteny prostoliniowe i walcowe. Dipole proste. Dipole pętlowe. Zasilanie anten prostoliniowych, dopasowanie impedancyjne, symetryzatory. Anteny z falą biegnącą – antena śrubowa, antena Yagi-Uda.
6. Układy antenowe – metody analiz, mnożnik układu, charakterystyka wynikowa. Antenowe układy fazowane, wielowiązkowe i o skanowanej wiązce głównej promieniowania. Obniżenie poziomu niepożądanych listków bocznych charakterystyki promieniowania anteny wieloelementowej. Mikrofalowe sieci zasilające antenę wieloelementową.
7. Przegląd najczęściej stosowanych anten. Duże anteny pętlowe, anteny szerokopasmowe: śrubowe (helikalne), spiralne, logarytmicznie periodyczne. Anteny tubowe, reflektorowe i paraboliczne. Anteny planarne: mikropaskowe i szczelinowe.
8. Propagacja fal radiowych. Środowiska i mechanizmy propagacyjne fal radiowych. Podstawowe zależności propagacyjne. Propagacja w wolnej przestrzeni. Strefy Fresnela. Fale przyziemna i przestrzenna oraz zjawiska wnikania i odbicia od ziemi. Wpływ krzywizny ziemi.
9. Wpływ troposfery na propagację fali przestrzennej. Propagacja w warunkach rzeczywistych. Wpływ jonosfery na łączność naziemną i satelitarną. Modelowanie propagacji w otwartych środowiskach miejskich i w budynkach.
10. Podstawy miernictwa antenowego – pomiary charakterystyki promieniowania, kierunkowości i zysku energetycznego, impedancji wejściowej i współczynnika fali stojącej. Pomiary w polu bliskim i polu dalekim.

Literatura podstawowa:

1. Szóstka J., *Fale i anteny*. WKŁ, Warszawa 2000.
2. Pieniak J., *Anteny telewizyjne i radiowe*. WKŁ, Warszawa 1993.
3. Rosłonec S., *Podstawy techniki antenowej*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006.
4. Kubacki R., *Anteny mikrofalowe. Technika i środowisko*. WKŁ, Warszawa 2008.

Literatura uzupełniająca:

1. Gwarek W., Morawski T., *Teoria pola elektromagnetycznego*. WNT, Warszawa 1985.
2. Ramo S., Whinnery R., Van Duzer T., *Fields and Waves in Communication Electronics*. John Wiley & Sons, London 1988.
3. Bem D., *Anteny i rozchodzenie się fal radiowych*. WNT, Warszawa 1973.
4. Bieńkowski Z., *Amatorskie anteny KF I UKF*. WKŁ, Warszawa 1978.
5. Kraus J.D., *Antennas*. McGraw-Hill, New York 1988.
6. Balanis C.A., *Antenna Theory: Analysis and Design*. John Wiley & Sons, New York 1998.

Efekty kształcenia:

Poznanie i zrozumienie podstawowych zjawisk rozchodzenia się fal radiowych w różnych zakresach częstotliwości, w tym fal ultrakrótkich i mikrofal, wpływu troposfery i jonosfery na rozchodzenie się fal, promieniowania anten i wieloelementowych układów antenowych. Umiejętności i kompetencje w zakresie: interpretacji fizycznej parametrów antenowych; oceny przydatności anteny do danego zastosowania na podstawie specyfikacji katalogowej; określania warunków propagacji fal radiowych, zasięgu opracowywanego systemu łączności radiowej oraz wyboru właściwej metody wyznaczania tłumienia propagacyjnego.

Język wykładowy: polski.

PROJEKT

Wymagania wstępne:

Brak wymagań wstępnych.

Cele kształcenia:

Praktyczne opanowanie materiału omawianego na wykładzie poprzez rozwiązanie inżynierskich zadań projektowych i problemowych z zakresu techniki antenowej i propagacji fal. Poznanie możliwości oferowanych przez profesjonalny *software* wspomagający projektowanie anten i układów antenowych oraz mikrofalowych sieci zasilania, a także zdobycie umiejętności posługiwania się nim w praktyce inżynierskiej. Samodzielne rozwiązanie dwóch zadań projektowych.

Metody dydaktyczne:

W ramach projektu studenci rozwiązują dwa wybrane zadania inżynierskie z zakresu techniki antenowej i propagacji fal radiowych z wykorzystaniem opisanych w literaturze metod analizy, projektowania i symulacji e.m., w tym technik CAD.

Zasady i kryteria zaliczenia:

Warunkiem zaliczenia są pozytywne oceny z dwóch wykonanych projektów.

Treści programowe:

1. Prezentacja przykładowych, dostępnych programów komputerowych, wspomagających analizę i projektowanie anten jedno- i wieloelementowych oraz mikrofalowych układów zasilania.
2. Przykładowe projekty i rozwiązania zadań inżynierskich z wykorzystaniem dostępnego oprogramowania.
3. Samodzielne rozwiązanie zadania projektowego, polegającego na analizie i symulacjach zaprojektowanej prostej struktury promieniującej (dipola krótkiego, dipola półfalowego, małej anteny pętlowej, anteny mikropaskowej, anteny szczelinowej).
4. Samodzielne rozwiązanie zadania projektowego, polegającego na zaprojektowaniu i symulacjach komputerowych mikropaskowego wieloelementowego liniowego układu antenowego zasilanego synfazowo tą samą mocą (a) i określonym rozkładem mocy w celu ukształtowania charakterystyki promieniowania i wytlumienia listków bocznych (b) oraz fazowanego układu antenowego z liniową progresją fazy o przełączanej przestrzennie wiązce głównej promieniowania (c), albo:
5. Samodzielne rozwiązanie zadania projektowego, dotyczącego innej wybranej anteny i układu antenowego, w tym wieloelementowej anteny Yagi, anteny tubowej i reflektorowej.

Literatura podstawowa:

1. Sonnet® Tutorial, Version Lite 9, Electromagnetic Solver, Sonnet Software, Inc., <http://www.sonnetsoftware.com/>.
2. Makoto Mori – JE3HHT, MMANA GAL – Antenna analyzer, <http://mmhamsoft.amateur-radio.ca/mmmana/index.htm>
3. Szóstka J., *Fale i anteny*. WKŁ, Warszawa 2000.
4. Rosłonec S., *Podstawy techniki antenowej*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006.

Literatura uzupełniająca:

1. SAT-AUDIO-VIDEO, Warszawa 1992-2003. Wybrane artykuły z zakresu techniki antenowej i fal e.m.
2. Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne. Wybrane artykuły z zakresu techniki antenowej i fal e.m.
3. Materiały Międzynarodowych Konferencji *Microwaves, Wireless and Radars Technology* – MIKON i *Symposium on Electromagnetic Compatibility* oraz Krajowych Sympozjów Nauk Radiowych URSI i Telekomunikacji. Wybrane artykuły i komunikaty konferencyjne z zakresu techniki antenowej i fal e.m.
4. Kubacki R., *Anteny mikrofalowe. Technika i środowisko*. WKŁ, Warszawa 2008.
5. Balanis C.A., *Antenna Theory: Analysis and Design*. John Wiley & Sons, New York 1998.

Efekty kształcenia:

Wiedza w zakresie techniki antenowej i propagacji fal radiowych w różnych zakresach częstotliwości. Umiejętność analizowania i projektowania prostych struktur antenowych i złożonych, wieloelementowych układów antenowych z wykorzystaniem nowoczesnych technik CAD. Umiejętność prezentowania wybranych zagadnień z zakresu techniki antenowej i propagacji fal radiowych.

SEMINARIUM

Wymagania wstępne:

Brak wymagań wstępnych.

Cele kształcenia:

Praktyczne opanowanie materiału omawianego na wykładzie poprzez zrozumienie inżynierskich zadań problemowych oraz prezentację wybranych zagadnień z techniki antenowej i propagacji fal na podstawie przeglądu literatury. Samodzielne przygotowanie i wygłoszenie jednego lub dwóch referatów.

Metody dydaktyczne:

W ramach seminarium studenci prezentować będą jedno lub dwa zagadnienia problemowe, opracowane na podstawie literatury i z wykorzystaniem projektora multimedialnego, bądź rzutnika materiałów opracowanych na folii.

Zasady i kryteria zaliczenia:

Warunkiem zaliczenia seminarium jest uzyskanie pozytywnej oceny z jednego lub dwóch prezentowanych referatów.

Treści programowe:

Seminarium poświęcone jest prezentacji wybranych zagadnień z zakresu techniki antenowej i propagacji fal na podstawie przeglądu literatury. Przykładowymi tematami referatów są następujące zagadnienia:

1. Nadawcze i odbiorcze anteny RTV.
2. Anteny w łączach mikrofalowych naziemnych.
3. Anteny w łączach mikrofalowych satelitarnych
4. Anteny w radiokomunikacji ruchomej lądowej.
5. Anteny stacji bazowych i terminali ruchomych.
6. Falowodowe anteny szczelinowe, podstawowe rozwiązania konstrukcyjne i zastosowania w urządzeniach radiolokacyjnych i radionawigacyjnych.
7. Fazowane układy antenowe o skanowanej (przełączanej) wiązce.
8. Wpływ pola elektromagnetycznego na organizm człowieka, ochrona przed promieniowaniem i obowiązujące przepisy BHP.
9. Fale na granicy dwóch ośrodków. Warunki brzegowe. Fala padająca prostopadle i ukośnie na granicę dwóch ośrodków. Fale w ośrodku wielowarstwowym

Literatura podstawowa:

1. Szóstka J., *Fale i anteny*. WKŁ, Warszawa 2000.
2. Rosłonec S., *Podstawy techniki antenowej*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006.
3. Kubacki R., *Anteny mikrofalowe. Technika i środowisko*. WKŁ, Warszawa 2008.

Literatura uzupełniająca:

1. Materiały Międzynarodowych Konferencji *Microwaves, Wireless and Radars Technology* – MIKON i *Symposium on Electromagnetic Compatibility* oraz Krajowych Sympozjów Nauk Radiowych URSI i Telekomunikacji. Wybrane artykuły i komunikaty konferencyjne z zakresu techniki antenowej i fal e.m.
2. Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne. Wybrane artykuły z zakresu techniki antenowej i fal e.m.

3. SAT-AUDIO-VIDEO, Warszawa 1992-2003. Wybrane artykuły z zakresu techniki antenowej i fal e.m.

Efekty kształcenia:

Poznanie zasad działania i konstrukcji najprostszych anten i złożonych układów antenowych oraz technik pomiarów antenowych. Wiedza w zakresie techniki antenowej i propagacji fal radiowych w różnych zakresach częstotliwości. Umiejętność prezentowania wybranych zagadnień z zakresu techniki antenowej i propagacji fal radiowych na podstawie studiów literaturowych.

Osoba prowadząca:

dr hab. inż. Krzysztof Sachse