

## 887. Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα

### (1) ΓΕΝΙΚΑ

<b>ΣΧΟΛΗ</b>	ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ		
<b>ΤΜΗΜΑ</b>	ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ		
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΟ		
<b>ΚΩΔΙΚΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	887	<b>ΕΞΑΜΗΝΟ ΣΠΟΥΔΩΝ</b>	8
<b>ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα		
<b>ΑΥΤΟΤΕΛΕΙΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ</b>	<b>ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΕΣ ΩΡΕΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b>	<b>ΠΙΣΤΩΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ</b>	
Διαλέξεις	2	5	
Ασκήσεις Πράξης	1		
Εργαστηριακές Ασκήσεις	1		
<b>ΤΥΠΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ</b>	Επιστημονικής Περιοχής, Ανάπτυξης Δεξιοτήτων		
<b>ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ:</b>			
<b>ΓΛΩΣΣΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ και ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ:</b>	Ελληνική ή/και Αγγλική		
<b>ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΠΡΟΣΦΕΡΕΤΑΙ ΣΕ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ERASMUS</b>	Ναι		
<b>ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ (URL)</b>	eclass /courses/		

### (2) ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Μαθησιακά Αποτελέσματα
<p>Το μάθημα καλύπτει το θεωρητικό και πρακτικό υπόβαθρο που απαιτείται για:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• την εξοικείωση με την ηλεκτρομαγνητική θεωρία και τις εφαρμογές της,</li> <li>• την κατανόηση των αρχών της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας,</li> <li>• την εξοικείωση με τις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές και τις μεθόδους καταστολής των σχετικών επιδράσεων,</li> <li>• την εμπειρία σε μετρήσεις ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας</li> <li>• τη χρησιμοποίηση των γνώσεων στην ανάλυση και το σχεδιασμό ηλεκτρομαγνητικά συμβατών διατάξεων και συστημάτων.</li> </ul> <p>Με την επιτυχή ολοκλήρωση του μαθήματος ο φοιτητής θα είναι σε θέση:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Να έχει εξοικειωθεί με την ηλεκτρομαγνητική θεωρία.</li> <li>• Να παρουσιάζει με ενιαίο τρόπο τη θεωρία της διάδοσης, σκέδασης και ακτινοβολίας των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, έτσι που να γίνει κατανοητή η ηλεκτρομαγνητική συμπεριφορά των πρακτικών τηλεπικοινωνιακών συστημάτων.</li> <li>• Να εξηγεί και παρουσιάζει με ολοκληρωμένο τρόπο η θεωρία της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας.</li> <li>• Να είναι εξοικειωμένος με τις πιθανές ηλεκτρομαγνητικές επιδράσεις-παρεμβολές σε διατάξεις και συστήματα.</li> <li>• Να είναι ενημερωμένος για τους κανονισμούς που ισχύουν και τις προδιαγραφές ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας που πρέπει να εφαρμόζονται.</li> <li>• Να έχει εμπειρία μετρήσεων ποικίλων ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών.</li> <li>• Να έχει εμπειρία πιστοποίησης της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας συσκευών.</li> <li>• Να έχει εμπειρία σχεδιασμού διατάξεων απαλλαγμένων από ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.</li> </ul> <p>Το μάθημα είναι στον πυρήνα του γνωστικού αντικείμενου του Ηλεκτρονικού Μηχανικού (παρ. 1.γ, άρθρο 11, ΠΔ 99/2018 (ΦΕΚ 187/τ.Α/5-11-2018)), καθώς περιλαμβάνεται στην ενότητα “γ. Τηλεπικοινωνίες, δίκτυα σταθερών και κινητών επικοινωνιών και δίκτυα υπολογιστών”.</p>

### Γενικές Ικανότητες

Το μάθημα οδηγεί σε ικανότητες που ανταποκρίνονται στα επαγγελματικά δικαιώματα του Ηλεκτρονικού Μηχανικού (παρ. 2.δ-ιβ, άρθρο 11, ΠΔ 99/2018 (ΦΕΚ 187/τ.Α/5-11-2018)), καθώς οι αρχές της ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας είναι αναγκαίο να λαμβάνονται υπόψη κατά την εκπόνηση μελετών σε βιομηχανικές, κτιριακές, ηλεκτρολογικές, ηλεκτρονικές και δικτυακές εγκαταστάσεις, την ανάπτυξη και εγκατάσταση συστημάτων, και την υλοποίηση έργων τηλεπικοινωνιών, δικτύων, ηλεκτρονικής/ηλεκτρολογίας και εφαρμογών υπολογιστών κι αισθητήρων.

Επιπλέον συνεισφέρει στην απόκτηση ποικίλων γενικών ικανοτήτων, όπως:

- ο σχεδιασμός και η διαχείριση έργων,
- η λήψη αποφάσεων,
- η αυτόνομη εργασία,
- η ομαδική εργασία,
- η άσκηση κριτικής και αυτοκριτικής,
- η προαγωγή της ελεύθερης, δημιουργικής και επαγωγικής σκέψης,
- η αναζήτηση, ανάλυση και σύνθεση δεδομένων και πληροφοριών, με τη χρήση και των απαραίτητων τεχνολογιών.

### (3) ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

- Γενική επισκόπηση της Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας (EMC). Βασικοί ορισμοί. Παραδείγματα προβλημάτων της EMC. Ορισμός της EMC. Πηγές θορύβου (Φυσικές πηγές, ανθρωπογενείς πηγές). Γενικές μέθοδοι επίλυσης προβλημάτων παρεμβολών και τήρησης των απαιτήσεων της EMC. Κανονισμοί της EMC και δοκιμές.

- Βασικές έννοιες του Ηλεκτρομαγνητισμού και χρήση τους στην Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα (φερομαγνητικά υλικά). Οι εξισώσεις του Maxwell από την σκοπιά της EMC (Εξισώσεις Maxwell, Poisson και Laplace). Οι προσεγγίσεις του κοντινού και μακρινού πεδίου και η ροή ενέργειας. Η κεραία μικρού σύρματος. Η κεραία μικρού βρόχου. Το κοντινό και το μακρινό πεδίο. Η ροή ενέργειας γύρω από μία κεραία μικρού σύρματος. Πεδία μεγάλης και μικρής σύνθετης αντίστασης (Τα πεδία γύρω από τις κεραίες μικρού σύρματος και κλειστού βρόχου). Τα πεδία αντίδρασης.
- Τα κύματα στα διάφορα μέσα (Ο δείκτης διάθλασης, η χαρακτηριστική σύνθετη αντίσταση ενός διηλεκτρικού). Η σύνθετη αντίσταση του κοντινού πεδίου. Η σπουδαιότητα της έννοιας της σύνθετης αντίστασης. Η σύνθετη αντίσταση μπροστά από μια συνοριακή επιφάνεια (Διηλεκτρικά παράθυρα μισού κύματος, στρώματα τετάρτου – μισού κύματος). Σύνοψη της έννοιας της σύνθετης αντίστασης. Επίπεδα κύματα σε ένα αυθαίρετο μέσο (η σταθερά διάδοσης, το βάθος διείσδυσης). Διάδοση κύματος σε ένα καλό αγωγό. Η εσωτερική αντίσταση των αγωγών. Διάχυση. Ολοκληρωτικές μορφές των εξισώσεων Maxwell. Οι νόμοι του Faraday και του Ampere. Τα ηλεκτρικά πεδία στους αγωγούς.
- Επεξηγηματικά παραδείγματα στην Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα. Παρεμβολή σε ένα μικρό βρόχο. Η ερμηνεία των μετρήσεων σε διάφορες αποστάσεις. Χωρητική και επαγωγική σύζευξη. Μεταβατικά φαινόμενα μεταγωγής (Τροφοδοτώντας ένα μετασηματιστή, διακόπτοντας την τροφοδοσία ενός μετασηματιστή, πολύ πρόωρα χρονικά μεταβατικά).
- Σύνθετη αντίσταση υλικών με απώλειες. Πρόσπτωση κυμάτων TEM σε συνοριακές επιφάνειες. Μετάδοση ενός κύματος TEM. Μια πρώτη προσέγγιση του συντελεστή μετάδοσης. Επιπτώσεις επανα-ανάκλασης. Decibels, αποτελεσματικότητα θωράκισης και perers.
- Συντελεστής ανάκλασης μέσων από πολλαπλά στρώματα. Σχεδιασμός απορροφητών. Μερικοί παράγοντες στο σχεδιασμό απορροφητών (Ένας υποθετικός απορροφητής). Η επίδοση των απορροφητών στις διάφορες συχνότητες. Παραδείγματα πραγματικών απορροφητών.
- Γραμμές μεταφοράς και κυματοδηγοί. Βασικές έννοιες. Σύνθετη αντίσταση και μετατόπιση φάσης μιας ιδανικής γραμμής. Η χαρακτηριστική σύνθετη αντίσταση μιας γραμμής με απώλειες. Οι συντελεστές ανάκλασης τάσης και ρεύματος. Σύνθετη αντίσταση εισόδου βραχυκυκλωμένων γραμμών μεταφοράς. Σύζευξη μεταξύ γραμμών μεταφοράς. Επαγωγικά συζευγμένοι κατευθυντικοί συζεύκτες. Σύζευξη σε μικρά μήκη γραμμών. Σύζευξη των γραμμών μεταφοράς. Το μαθηματικό πλαίσιο. Σύζευξη των ρευμάτων θωράκισης με τα σύρματα σήματος. Κυματοδηγοί και αντηχεία. Συχνότητα αποκοπής και σταθερά εξασθένησης. Αποτελεσματικότητα θωράκισης των ανοιγμάτων. Αντηχεία και συντονισμός αντηχείων.
- Θεωρία θωράκισης και πρακτικές εφαρμογές. Προστασία στατικού (Η σχεδόν στατικού) πεδίου. Μαγνητοστατική προστασία. Θωρακίσεις από υπερ – αγώγιμα υλικά. Ηλεκτροστατική θωράκιση. Μοντέλα ισοδύναμων κυκλωμάτων θωράκισης. Θωράκιση ηλεκτρικού πεδίου. Θωράκιση σχεδόν – στατικού μαγνητικού πεδίου.
- Μοντέλα θωράκισης επίπεδου κύματος ή γραμμής μεταφοράς. Επεκτάσεις της θεωρίας επιπέδου κύματος σε μη ιδανικές καταστάσεις. Η σχέση των θεωριών θωράκισης με τις πρακτικές εφαρμογές. Ανοίγματα. Παράθυρα και λεπτά αγώγιμα φιλμ. Εναλλακτικοί τρόποι περιγραφής της ποιότητας θωράκισης. Καλώδια και συνδετήρες. Μερικά συμπεράσματα και σχόλια σχετικά με την γείωση.
- Φασματική ανάλυση και θεωρία κεραιών στην Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα. Βασικές αρχές. Αρμονική παραμόρφωση. Παραμόρφωση ενδοδιαμόρφωσης ή μίξη. Φασματική ανάλυση. Οι σειρές Fourier. Οι σειρές Fourier

των παλμοσειρών. Οι μετασχηματισμοί Fourier. Αναλυτές φάσματος (Ο γρήγορος μετασχηματισμός Fourier). Η επίδραση του πεπερασμένου χρόνου ανόδου.

Θόρυβος τάσης σε ένα πηνίο. Μια προσέγγιση του φάσματος Fourier. Εύρος ζώνης παρεμβολής. Κεραίες και ακτινοβολία. Ακτινοβολία διαφορικού – ρυθμού και κοινού – ρυθμού. Γενικές ιδιότητες των κεραιών (Διάγραμμα ακτινοβολίας ισχύος, κατευθυντικότητα και κέρδος. Αντίσταση ακτινοβολίας. Ενεργός διατομή). Κεραίες σχισμών και διαφράγματα.

- Εκτίμηση και μέτρηση πεδίων ακτινοβολίας. Η μαθηματική βάση (Μονάδες). Η ακτινοβολία από ένα βρόχο (Βρόχοι με σύνθετη αντίσταση  $Z < Z_0$  και με  $Z > Z_0$ ). Εκτίμηση των ακτινοβολούμενων πεδίων (Ο βασικός υπολογισμός, λογιστικό φύλλο υπολογισμού των εντάσεων των πεδίων ακτινοβολίας). Ακτινοβολία καλωδίων κοινου ρυθμού. Κώδικες υπολογιστών για την εκτίμηση της ακτινοβολίας.

Κεραίες ευρείας ζώνης. Παραγωγή ηλεκτρομαγνητικών πεδίων για δοκιμές EMC. Οι κυψελίδες Crawford. Η κυψελίδα GTEM. Οι θάλαμοι αντήχησης.

- Μερικά παραδείγματα υπολογισμού απλών περιπτώσεων σύζευξης. Γειώσεις. Ασφάλεια και γειώσεις σήματος. Γείωση καλωδίων και rigtails. Γείωση απλών και πολλαπλών περιβλημάτων θωράκισης.
- Παθητικές συνιστώσες και φίλτρα. Παθητικές συνιστώσες (Αγωγοί, αντιστάσεις, πυκνωτές και πηνία). Φίλτρα.
- Απομόνωση και καταστολή. Τεχνικές απομόνωσης (Κυκλώματα με εξισορρόπηση ή αντιστάθμιση, μετασχηματιστές και πηνία καταστολής κοινού ρυθμού, οπτο-απομονωτές και οπτικές ίνες. Τεχνικές καταστολής. Σχεδιασμός ηλεκτρομαγνητικά συμβατών κυκλωμάτων. Σχεδιασμός συστήματος EMC.
- Στο Εργαστήριο Τηλεπικοινωνιών & Ηλεκτρομαγνητικών Εφαρμογών γίνεται η εφαρμογή του θεωρητικού μέρους με πειράματα, ασκήσεις επίδειξης και μετρήσεις.

**(4) ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ και ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ**

ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ	Πρόσωπο με πρόσωπο θεωρητική διδασκαλία.  Ασκήσεις πράξης σε μικρές ομάδες φοιτητών.  Εργαστηριακή εκπαίδευση σε μικρές ομάδες φοιτητών.  Προσκεκλημένοι ομιλητές ή/και παρακολούθηση ημερίδων.																		
<b>ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b>	Χρήση λογισμικού παρουσίασης διαφανειών. Χρήση λογισμικού προσομοίωσης ηλεκτρομαγνητικών προβλημάτων. Χρήση αναλυτή φάσματος για μετρήσεις μεγεθών. Ηλεκτρονική επικοινωνία με τους φοιτητές. Ηλεκτρονικά αρχεία στην ηλεκτρονική σελίδα μαθήματος στην πλατφόρμα ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης.																		
<b>ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ</b>	<table border="1"><thead><tr><th data-bbox="641 712 979 770"><i>Δραστηριότητα</i></th><th data-bbox="979 712 1315 770"><i>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</i></th></tr></thead><tbody><tr><td data-bbox="641 770 979 806">Διαλέξεις</td><td data-bbox="979 770 1315 806">26</td></tr><tr><td data-bbox="641 806 979 842">Εργαστηριακές Ασκήσεις</td><td data-bbox="979 806 1315 842">13</td></tr><tr><td data-bbox="641 842 979 878">Ασκήσεις Πράξης</td><td data-bbox="979 842 1315 878">13</td></tr><tr><td data-bbox="641 878 979 1003">Εκπόνηση εργαστηριακών εργασιών/τεχνικών αναφορών σε μικρές ομάδες</td><td data-bbox="979 878 1315 1003">13</td></tr><tr><td data-bbox="641 1003 979 1075">Εκπόνηση ατομικών εργασιών εξάσκησης</td><td data-bbox="979 1003 1315 1075">13</td></tr><tr><td data-bbox="641 1075 979 1111">Ατομική Μελέτη</td><td data-bbox="979 1075 1315 1111">64</td></tr><tr><td data-bbox="641 1111 979 1146">Εξετάσεις</td><td data-bbox="979 1111 1315 1146">8</td></tr><tr><td data-bbox="641 1146 979 1169">Σύνολο Μαθήματος</td><td data-bbox="979 1146 1315 1169"><b>150</b></td></tr></tbody></table>	<i>Δραστηριότητα</i>	<i>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</i>	Διαλέξεις	26	Εργαστηριακές Ασκήσεις	13	Ασκήσεις Πράξης	13	Εκπόνηση εργαστηριακών εργασιών/τεχνικών αναφορών σε μικρές ομάδες	13	Εκπόνηση ατομικών εργασιών εξάσκησης	13	Ατομική Μελέτη	64	Εξετάσεις	8	Σύνολο Μαθήματος	<b>150</b>
<i>Δραστηριότητα</i>	<i>Φόρτος Εργασίας Εξαμήνου</i>																		
Διαλέξεις	26																		
Εργαστηριακές Ασκήσεις	13																		
Ασκήσεις Πράξης	13																		
Εκπόνηση εργαστηριακών εργασιών/τεχνικών αναφορών σε μικρές ομάδες	13																		
Εκπόνηση ατομικών εργασιών εξάσκησης	13																		
Ατομική Μελέτη	64																		
Εξετάσεις	8																		
Σύνολο Μαθήματος	<b>150</b>																		
<b>ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ</b>	I. Γραπτή τελική εξέταση (ΓΕ) (70%) - Επίλυση προβλημάτων/υπολογισμοί - Συγκριτική αξιολόγηση στοιχείων θεωρίας II. Εργαστηριακή εξέταση (ΕΕ) (15%) - Εργαστηριακές εργασίες/τεχνικές αναφορές/μετρήσεις σε μικρές ομάδες III. Εξέταση σε ασκήσεις πράξης (ΑΠ) (15%) - Ατομικές εργασίες εξάσκησης Ο βαθμός του μαθήματος ( $ΓΕ \cdot 0,7 + ΕΕ \cdot 0,15 + ΑΠ \cdot 0,15$ ) πρέπει να είναι τουλάχιστον πέντε (5). Τα κριτήρια αξιολόγησης είναι προσβάσιμα στους φοιτητές από την ηλεκτρονική σελίδα του μαθήματος και ανακοινώνονται στο πρώτο μάθημα.																		

--	--

## (5) ΣΥΝΙΣΤΩΜΕΝΗ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Προτεινόμενη βιβλιογραφία :

Ελληνικά ή μεταφρασμένα διδακτικά συγγράμματα:

- P. Chatterton και M. Houlden (μεταφρασμένο), "Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα (EMC)", Εκδ. Τζιόλα, Θεσσαλονίκη 2000.

Ξενόγλωσσα διδακτικά συγγράμματα:

- A. Ishimaru, "Electromagnetic Wave Propagation, Radiation, and Scattering", Prentice Hall 1991.
- V. Prasad Kodali, "Engineering Electromagnetic Compatibility: Principles, Measurements, Technologies, and Computer Models", 2nd Edition, Wiley-IEEE Press 2001.
- C. Paul, "Introduction to Electromagnetic Compatibility", 2nd Edition, Wiley-Interscience 2006.
- H. Ott, "Electromagnetic Compatibility Engineering", Wiley, 2009.
- T. Williams, "EMC for Product Designers", 4th Edition, Newnes, 2007.

- Συναφή επιστημονικά περιοδικά:

- IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility
- IEEE Transactions on Microwave Theory & Techniques