



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Ηλεκτρικές Μηχανές II

Ενότητα 1: Εκκίνηση Ασύγχρονων Μηχανών

Επ. Καθηγήτρια Τζόγια Χ. Καππάτου

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας
Υπολογιστών



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Εκκίνηση Ασύγχρονων Μηχανών

Ανάλυση των επιπτώσεων και των
διαφορετικών τρόπων εκκίνησης
ασύγχρονων μηχανών

Περιεχόμενα

1. Επιπτώσεις εκκίνησης ασύγχρονων μηχανών
2. Τρόποι εκκίνησης
 - Αστέρας-Τρίγωνο
 - Μετασχηματιστής
 - Κλωβός και αντίσταση
 - Με ηλεκτρονικά ισχύος

Μεταβατικά φαινόμενα 1

Κατά την εκκίνηση της Α.Μ. έχουμε δύο μεταβατικά φαινόμενα:

- Ηλεκτρικό μεταβατικό φαινόμενο
- Μηχανικό μεταβατικό φαινόμενο

Μεταβατικά φαινόμενα 2

Ηλεκτρικό μεταβατικό φαινόμενο

- Δημιουργείται από τη σύνδεση του τυλίγματος του στάτη στην τάση του δικτύου
- Γρήγορη εξέλιξη

Μηχανικό μεταβατικό φαινόμενο

- Διαρκεί τόσο διάστημα, όσο απαιτείται για την επιτάχυνση των στρεφόμενων μαζών μέχρι το μόνιμο αριθμό στροφών.
- Πιο αργή εξέλιξη σε σχέση με το ηλεκτρικό

Ρεύμα εκκίνησης και επιπτώσεις 1

- Το ρεύμα εκκίνησης μιας ασύγχρονης μηχανής μπορεί να είναι από 2,5 μέχρι 10 φορές μεγαλύτερο του ονομαστικού.
- Το ρεύμα αυτό είναι τόσο μεγάλο ώστε να δημιουργηθεί ικανή ροπή που θα υπερνικήσει την ροπή αδράνειας του συστήματος (δρομέας της μηχανής και συνδεδεμένο φορτίο)

Ρεύμα εκκίνησης και επιπτώσεις 2

Το μεγάλο ρεύμα εκκίνησης μπορεί να προκαλέσει στο δίκτυο, που είναι συνδεδεμένη η μηχανή:

- Πτώσεις τάσης
- Μεγάλες τιμές μεταβατικών ρευμάτων
- Και σε σπάνιες περιπτώσεις πλήρη απενεργοποίηση του δικτύου

Ρεύμα εκκίνησης και επιπτώσεις 3

- Το μεγάλο ρεύμα εκκίνησης μπορεί να προκαλέσει:
- Μεγάλες μηχανικές ταλαντώσεις στο δρομέα της μηχανής
- Οι μηχανικές ταλαντώσεις μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα στο συνδεδεμένο φορτίο ή στην πάκτωση της μηχανής

Συστήματα εκκίνησης 1

Ο κινητήρας, το φορτίο και το δίκτυο καθορίζουν το κατάλληλο σύστημα εκκίνησης ώστε:

- Να ελαχιστοποιηθούν οι πτώσεις τάσης στο δίκτυο
- Να υπάρχει επαρκής ροπή κατά την εκκίνηση ώστε να εξυπηρετηθεί το φορτίο
- Η διάρκεια της εκκίνησης του φορτίου να κατάλληλη

Συστήματα εκκίνησης 2

Τα πιο διαδεδομένα συστήματα εκκίνησης είναι:

- Απευθείας εκκίνηση
- Μέσω διακόπτη αστέρα/τριγώνου (Υ/Δ)
- Με χρήση μετασχηματιστή

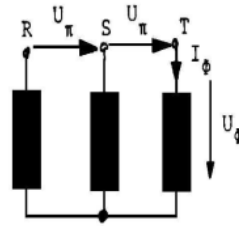
Συστήματα εκκίνησης 3

- Μέσω αυτομετασχηματιστή
- Μέσω αντίστασης ή πηνίου στο στάτη της μηχανής
- Με τη χρήση ηλεκτρονικών μετατροπών ισχύος (soft-starters)
- Με χρήση αντιστάσεων στον δρομέα ασύγχρονης μηχανής δακτυλιοφόρου δρομέα.
- Μέσω πυκνωτή εκκίνησης

Εκκίνηση Αστέρας/ Τρίγωνο 1

- Κατάλληλη μέθοδος εκκίνησης ασύγχρονων κινητήρων μικρής και μεσαίας, που σε ονομαστική τάση λειτουργούν κατά τρίγωνο.
- Γίνεται με ένα διακόπτη δύο θέσεων. Στη μία συνδέεται το τύλιγμα του στάτη κατά αστέρα, κατά την εκκίνηση, και στην άλλη θέση συνδέεται κατά τρίγωνο.
- Η σύνδεση κατά τρίγωνο γίνεται, όταν ο αριθμός στροφών φτάσει την ονομαστική τιμή, παραμένει δε κατά τη λειτουργία σε αυτή τη θέση

Εκκίνηση Αστέρας/ Τρίγωνο 2

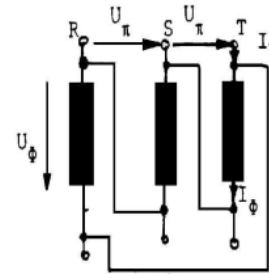


$$I_{\phi Y} = I_{\pi Y}$$

$$U_{\phi Y} = \frac{U_{\pi}}{\sqrt{3}}$$

$$M_Y \sim \frac{U_{\pi}^2}{3} = U_{\phi Y}^2$$

$$\frac{M_Y}{M_{\Delta}} = \frac{1}{3}$$



$$I_{\phi \Delta} = \frac{I_{\pi}}{\sqrt{3}}$$

$$U_{\phi \Delta} = U_{\pi}$$

$$M_{\Delta} \sim U_{\pi}^2 = U_{\phi \Delta}^2$$

$$\frac{I_{\pi Y}}{I_{\pi \Delta}} = \frac{1}{3}$$

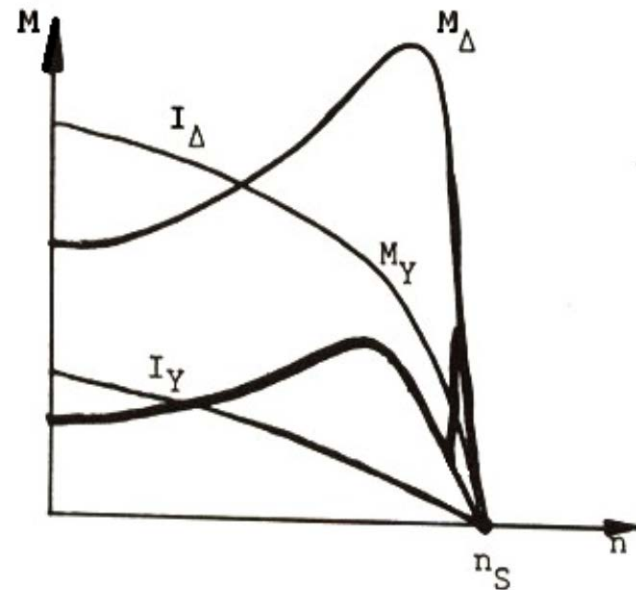
Για τη σύγκριση των συνδέσεων κατά αστέρα και κατά τρίγωνο.

Εκκίνηση Αστέρας/ Τρίγωνο 3

- Κατά την εκκίνηση, η σύνδεση κατά αστέρα είναι ευνοϊκότερη, 3 φορές μικρότερο ρεύμα γραμμής συγκριτικά με το ρεύμα που έχουμε στη σύνδεση κατά τρίγωνο.
- Τρεις φορές μικρότερο ρεύμα εκκίνησης αλλά και τρεις φορές μικρότερη ροπή εκκίνησης
- Ενώ στη μόνιμη κατάσταση ευνοϊκότερη είναι η σύνδεση κατά τρίγωνο.

Εκκίνηση Αστέρας/ Τρίγωνο 4

- Η μετάβαση θα πρέπει να γίνει σε τέτοιο χρόνο, ώστε η μηχανή να περιστρέφεται με τον κατάλληλο αριθμό στροφών



Ρεύμα και ροπή μιας Α.Μ. κατά τη σύνδεση αστέρα – τρίγωνο

Εκκίνηση μέσω μετασχηματιστή 1

- Το ρεύμα εκκίνησης το οποίο δημιουργεί πρόβλημα στο δίκτυο (πτώση τάσης), μειώνεται όταν φυσικά μειωθεί η τάση του στάτη.
- Αυτό μπορεί να γίνει μέσω ενός μετασχηματιστή μεταβλητής τάσης και να ξεκινήσουμε με μειωμένη τάση στον στάτη.
- Κατόπιν αυξάνουμε αυτήν την τάση βαθμιαία μέχρι την ονομαστική της τιμή.

Εκκίνηση μέσω μετασχηματιστή 2

- Εάν θέλουμε να υποδιπλασιάσουμε το ρεύμα του δικτύου κατά την εκκίνηση,



- τότε πρέπει να δεχθούμε ότι και η ροπή θα υποδιπλασιαστεί



- Άρα η τάση θα μειωθεί κατά ένα λόγο:

$$\frac{U_1}{U_2} = \sqrt{\frac{M_1}{M_2}} = \sqrt{\frac{1}{2}} = \frac{7}{10}$$

Εκκίνηση μέσω αυτομετασχηματιστή

- Χρησιμοποιείται κατά την εκκίνηση μεγάλων ασύγχρονων κινητήρων
- Ο τριφασικός αυτομετασχηματιστής είναι και αυτός με ρυθμιζόμενη τάση δευτερεύοντος

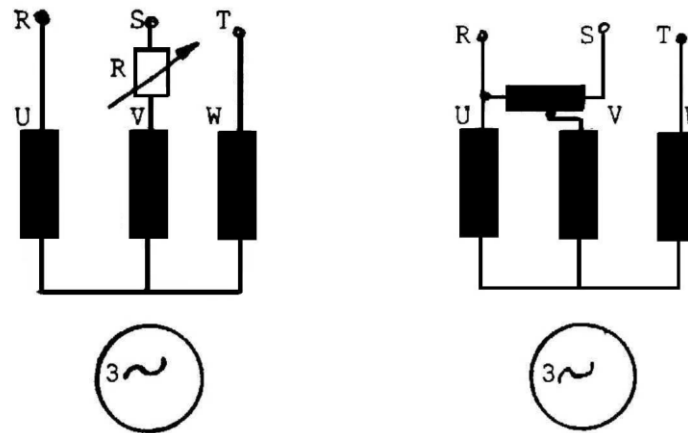
Μέσω αντίστασης ή πηνίου 1

- Εάν σε μια φάση του στάτη συνδέσουμε μια μεταβλητή ωμική αντίσταση, τότε μπορούμε να πάρουμε μεταξύ κανονικής τιμής της ροπής εκκίνησης (για $R=0$) και της τιμής μηδέν (για $R=\infty$) μια επιθυμητή τιμή της ροπής εκκίνησης.
- Η τιμή μηδέν της ροπής, για άπειρη τιμή της αντίστασης R , οφείλεται στο γεγονός ότι, στη μία φάση το ρεύμα μηδενίζεται και έτσι η μηχανή λειτουργεί ως μονοφασικός κινητήρας, ο οποίος ως γνωστόν έχει μηδενική ροπή κατά την εκκίνηση.

Μέσω αντίστασης ή πηνίου 2

- Επίσης με ένα πηνίο στη θέση της ωμικής αντίστασης ή με ένα μονοφασικό αυτομετασχηματιστή μπορούμε να έχουμε το ίδιο αποτέλεσμα.
- Στις περιπτώσεις αυτές δημιουργούμε μια ασυμμετρία στο στάτη, με αποτέλεσμα να έχουμε μειωμένη ροπή και ρεύμα.
- Οι μέθοδοι αυτές είναι απλές, έχουν μικρό κόστος και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μικρές μηχανές.

Μέσω αντίστασης ή πηνίου 3

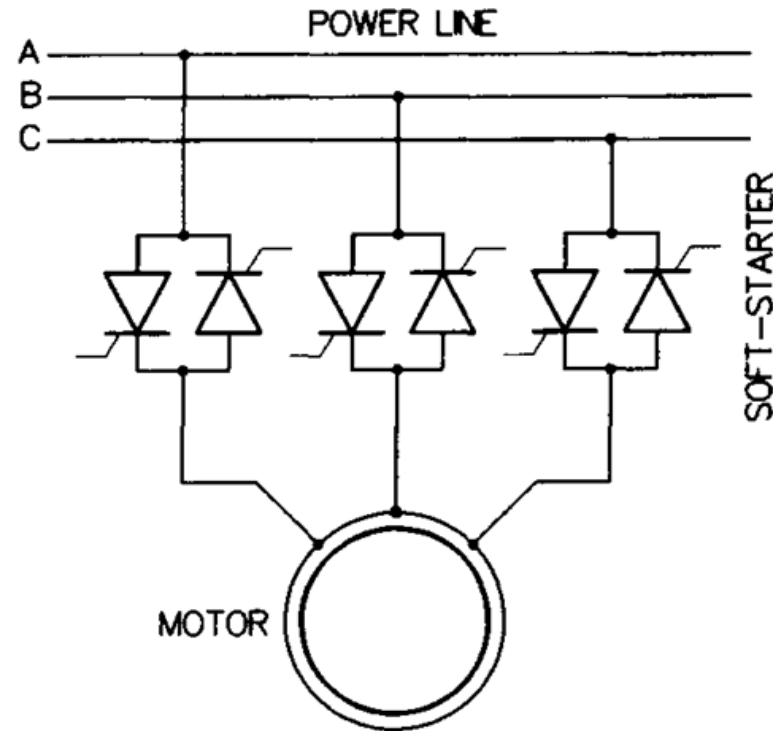


Εκκίνηση με αντίσταση ή πηνίο στο στάτη

Μέσω soft starter 1

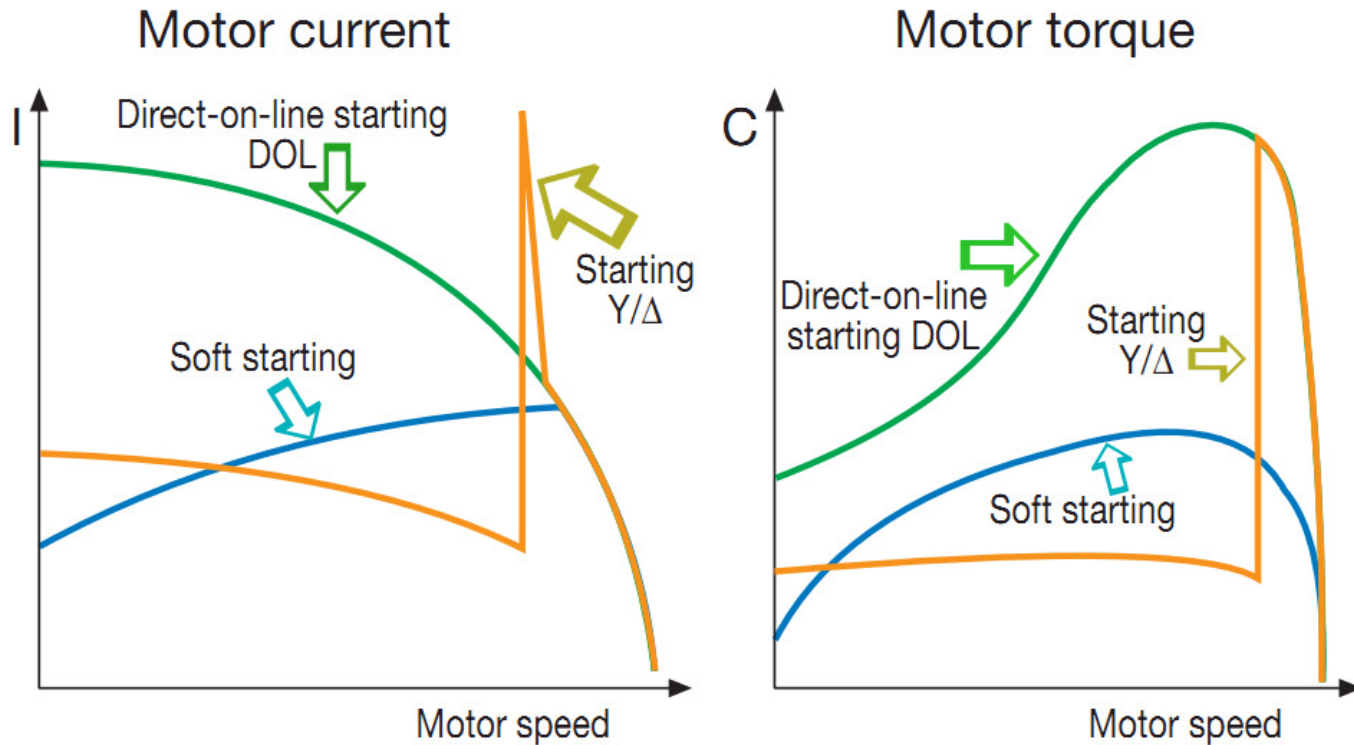
- Οι ομαλοί εκκινητές (soft starters) είναι διατάξεις που αποτελούνται από ηλεκτρονικά ισχύος
- Με τον κατάλληλο έλεγχο των ηλεκτρονικών ισχύος κατά την εκκίνηση αυξάνουμε την τάση προοδευτικά στο στάτη της μηχανής και με αυτό τον τρόπο μειώνουμε το ρεύμα γραμμής.
- Η πιο σύγχρονη μέθοδος αλλά σχετικά ακριβή.

Μέσω soft starter 2



Διάταξη ομαλού εκκινητή με αντιπαράλληλα θυρίστορ

Μέσω soft starter 3

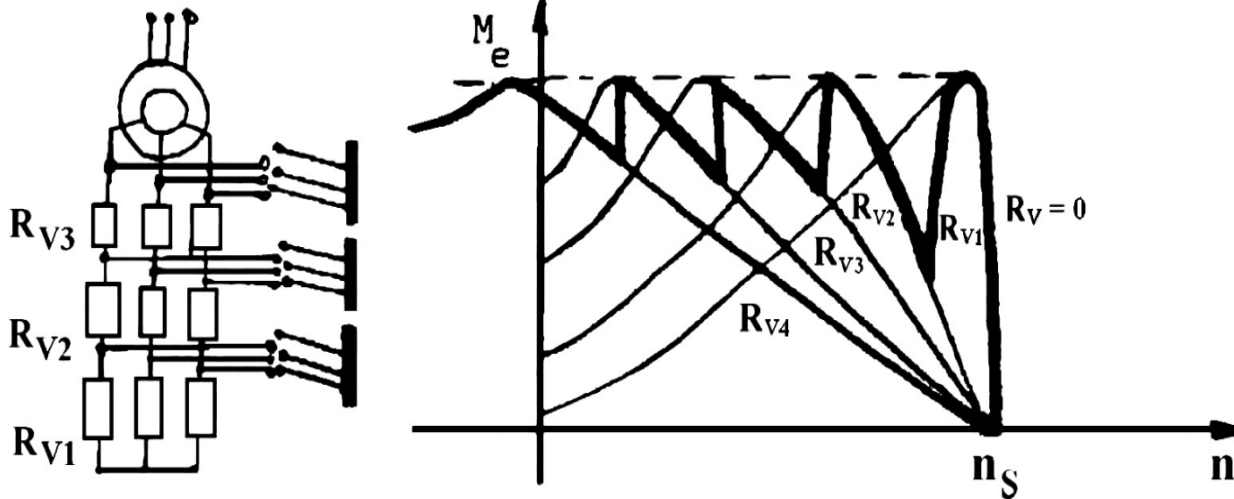


Σύγκριση μεταξύ των μεθόδων εκκίνησης: απευθείας εκκίνηση, με διακόπτη Y/Δ και με ομαλό εκκινήτή

Εκκίνηση με χρήση αντίστασης στο δρομέα 1

- Μπορούμε αυξάνοντας την αντίσταση του δρομέα μιας Α.Μ. να αυξήσουμε τη ροπή εκκίνησης M_{ea} και να μειώσουμε το ρεύμα εκκίνησης
- Εφαρμόζεται μόνο σε ασύγχρονες μηχανές δακτυλιοφόρου δρομέα, όπου έχουμε πρόσβαση εξωτερικά στο κύκλωμα του δρομέα.

Εκκίνηση με χρήση αντίστασης στο δρομέα 2



Κλιμακωτή εκκίνηση Α.Μ. με δακτυλιοφόρο δρομέα

Πηγές

Οι πηγές των **Εικόνων, των Σχημάτων και των Διαγραμμάτων είναι:**

[1] Α.Ν. Σαφάκας, «Ηλεκτρικές Μηχανές Α», Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα 2009

[2] Α.Ν. Σαφάκας, «Ηλεκτρικές Μηχανές Β», Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα 2009

[3] Α.Ν. Σαφάκας, «Δυναμική Ηλεκτρομηχανικών συστημάτων» Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα 2008

[4] Τζόγια Χ. Καππάτου, Εξομοιώσεις Ηλεκτρικών Μηχανών σε περιβάλλον Πεπερασμένων Στοιχείων, Εργαστήριο Ηλεκτρομηχανικής Μετατροπής Ενέργειας, Η.Μ.Τ.Υ, Πανεπιστήμιο Πατρών.

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Τζόγια Καππάτου. Τζόγια Καππάτου, «Ηλεκτρικές Μηχανές II». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <https://eclass.upatras.gr/courses/EE687/>.

Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Τέλος Ενότητας



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης