



Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας



Ηλεκτροτεχνία, ηλ. μηχανές & εγκαταστάσεις πλοίου (Ε)

Ενότητα 6: Ο Μετασχηματιστής

Δημήτριος - Νικόλαος Παγώνης

Τμήμα Ναυπηγών Μηχανικών ΤΕ



Το περιεχόμενο του μαθήματος διατίθεται με άδεια Creative Commons εκτός και αν αναφέρεται διαφορετικά



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



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.

Περιεχόμενα

| | |
|-------------------------------|----|
| Άσκηση 6 | 3 |
| Θεωρία | 4 |
| Εναλλασσόμενο Ρεύμα (AC)..... | 4 |
| Μετασχηματιστής | 4 |
| Πορεία Εργασίας..... | 8 |
| Τεχνική έκθεση..... | 12 |

Περιεχόμενα εικόνων

| | |
|-------------------------------------|----|
| Εικόνα 5.1 | 8 |
| Εικόνα 5.2: Εικόνα βήματος | 9 |
| Εικόνα 5.3: Εικόνα βήματος 7 | 10 |
| Εικόνα 5.4: Εικόνα βήματος 13 | 11 |

Περιεχόμενα σχημάτων

| | |
|--|----|
| Σχήμα 5.1 | 4 |
| Σχήμα 5.2: Ο μετασχηματιστής | 5 |
| Σχήμα 5.3: Ιδανικός μετασχηματιστής..... | 6 |
| Σχήμα 5.4 | 8 |
| Σχήμα 5.5: Σχήμα βήματος 3 | 9 |
| Σχήμα 5.6: Σχήμα βήματος 7 | 10 |
| Σχήμα 5.7: Σχήμα βήματος 13 | 11 |

Άσκηση 6

Αντικείμενο:

- Ο Μετασχηματιστής

Στόχοι αυτού του πειράματος:

- Κατανόηση της λειτουργίας του μετασχηματιστή
- Κατανόηση και εξοικείωση με το εναλλασσόμενο ρεύμα (AC)
- Κατανόηση του Νόμου του Lenz

Εξοπλισμός που θα χρειαστούμε:

- TPS-3321
 - Ένα πολύμετρο
 - Καλώδια τύπου μπανάνα
-

Θεωρία

Εναλλασσόμενο Ρεύμα (AC)

Το **εναλλασσόμενο ρεύμα** είναι ηλεκτρικό ρεύμα του οποίου η ένταση και η κατεύθυνση μεταβάλλονται περιοδικά. Λόγω της ευκολότερης και οικονομικότερης μεταφοράς του (μικρότερες απώλειες και λεπτότερα καλώδια μεταφοράς) καθώς και λόγω της ευκολίας που παρέχει η μετατροπή της τάσης του σε υψηλότερες ή χαμηλότερες τιμές, έχει επικρατήσει έναντι του συνεχούς ρεύματος στη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας.

Γενικότερα η εναλλασσόμενη τάση είναι ένα ημιτονοειδές σήμα, σύμφωνα με τον τύπο:

$$V(t) = V_p \cdot \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{t}{T} + \theta_0\right)$$

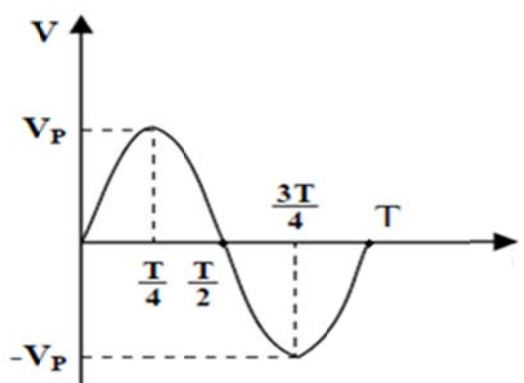
όπου:

$V(t)$ η στιγμιαία τιμή της τάσης (σε χρόνο t)

V_p η μέγιστη τιμή της τάσης

T ο χρόνος κύκλου του σήματος (περίοδος)

θ_0 η αρχική φάση



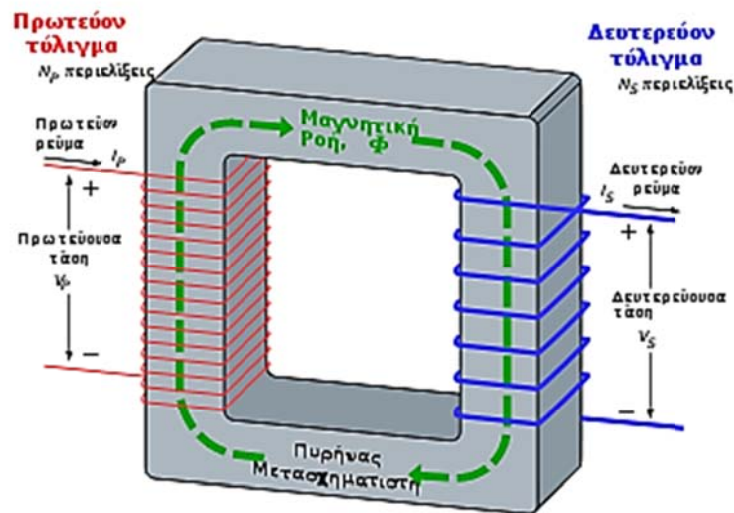
Σχήμα 5.1

Μετασηματιστής

Συνοπτικά μπορεί να θεωρηθεί ως διάταξη η οποία μεταφέρει ηλεκτρική ενέργεια μεταξύ δύο κυκλωμάτων, διαμέσου επαγωγικά συζευγμένων ηλεκτρικών αγωγών (βλ. σχ. 5.2). Ένα μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό ρεύμα στο πρώτο κύκλωμα (το "πρωτεύον") δημιουργεί ένα μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο. Η δημιουργία όμως του μεταβαλλόμενου μαγνητικού πεδίου οδηγεί στην ανάπτυξη τάσης από επαγωγή στο δεύτερο κύκλωμα (το "δευτερεύον"). Το φαινόμενο αυτό καλείται αμοιβαία

επαγωγή. Η επαγόμενη τάση V_S στο δευτερεύον κύκλωμα ενός ιδανικού μετασχηματιστή, είναι ανάλογη της τάσης V_P στο πρωτεύον κατά ένα συντελεστή ίσο με το λόγο του αριθμού n των περιελίξεων του σύρματος στα αντίστοιχα τυλίγματα (βλ. ακόλουθη σχέση).

$$\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_S}{N_P} = n$$



Σχήμα 5.2: Ο μετασχηματιστής

όπου:

V_S η τάση δευτερεύοντος πηνίου

V_P η τάση πρωτεύοντος πηνίου

N_S οι περιελίξεις δευτερεύοντος πηνίου (αριθμός σπειρών)

N_P οι περιελίξεις πρωτεύοντος πηνίου (αριθμός σπειρών)

Η ένταση του μαγνητικού πεδίου B στο εσωτερικό ενός πηνίου εξαρτάται από τον αριθμό των σπειρών του πηνίου, από το ρεύμα που το διαρρέει και το μήκος του, σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

$$\mathbf{B} = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot \mathbf{I}}{l}$$

όπου:

N ο αριθμός σπειρών

I το ρεύμα που το διαρρέει

l το μήκος του πηνίου

μ_0 η μαγνητική διαπερατότητα του κενού ίση με $12,57 \cdot 10^{-7} \left(\frac{Tm}{A}\right)$

Η μαγνητική ροή ϕ (Weber, Wb) ορίζεται ως το πλήθος των δυναμικών γραμμών που διέρχονται από μια επιφάνεια. Στην περίπτωση ενός ιδανικού μετασχηματιστή η μαγνητική ροή που περνάει από τον πυρήνα του ισούται με:

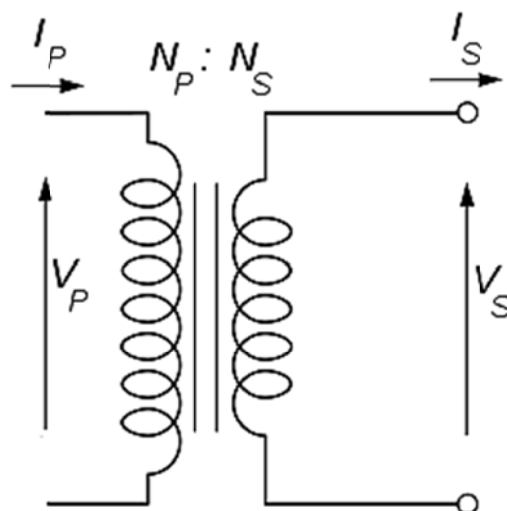
$$\phi = r \cdot \frac{N \cdot I}{l} \cdot A$$

όπου:

r ο συντελεστής του πυρήνα

A η επιφάνεια στον πυρήνα

Το ισοδύναμο κύκλωμα ενός ιδανικού μετασχηματιστή σχεδιάζεται ως εξής:



Σχήμα 5.3: Ιδανικός μετασχηματιστής

Οι δύο γραμμές μεταξύ των σπειρών συμβολίζουν τον πυρήνα σιδήρου.

Ηλεκτρομαγνητική επαγωγή

Περιληπτικά, η μεταβολή της μαγνητικής ροής ϕ που διαρρέει έναν αγωγό οδηγεί στην ανάπτυξη ηλεκτρεγερτικής δύναμης από επαγωγή στα άκρα του.

Η ηλεκτρεγερτική δύναμη από επαγωγή που αναπτύσσεται σε ένα πηνίο (π.χ δευτερεύον πηνίο ιδανικού μετασχηματιστή) είναι ανάλογη με το ρυθμό μεταβολής της μαγνητικής ροής ϕ που “περνάει” από το πηνίο και επίσης ανάλογη με τον αριθμό σπειρών N του πηνίου.

$$E = -N \cdot \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

Κανόνας του Lenz

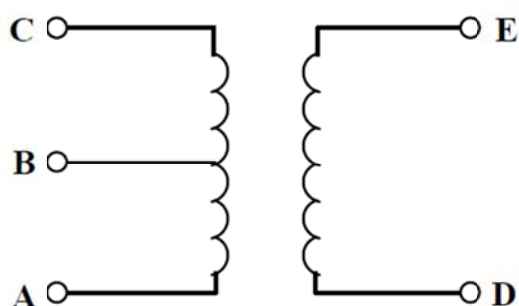
Ο κανόνας του Lenz αναφέρεται στον προσδιορισμό της φοράς του επαγόμενου ρεύματος (π.χ. το ρεύμα που αναπτύσσεται στο κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα του δευτερεύοντος πηνίου μετασχηματιστή) λόγω της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής. Συγκεκριμένα, η φορά του αναπτυσσόμενου ρεύματος θα είναι τέτοια ώστε το μαγνητικό πεδίο που θα δημιουργηθεί να αντιτίθεται στο αίτιο που το προκάλεσε.

Πορεία Εργασίας

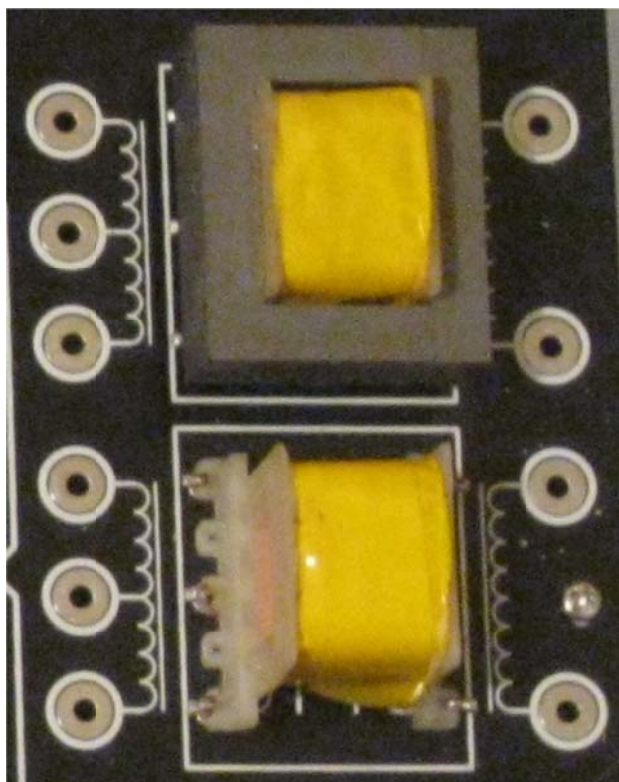
ΠΡΟΣΟΧΗ! Απαραίτητη η μελέτη και η κατανόηση του παραρτήματος για τη χρήση του πολύμετρου.

1. Συνδέστε το TPS-3321 με το τροφοδοτικό.
2. Συνδέστε το TPS-3321 με την ηλεκτρική παροχή.

Στη δεξιά πλευρά της εκπαιδευτικής μονάδας υπάρχουν δύο μετασχηματιστές (ένας με πυρήνα και ένας χωρίς -βλ. εικόνα 5.1 και σχήμα 5.4).



Σχήμα 5.4



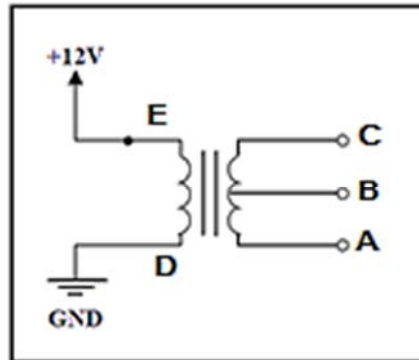
Εικόνα 5.1

Αρχικά, θα μελετήσουμε το **μετασχηματιστή με πυρήνα**.

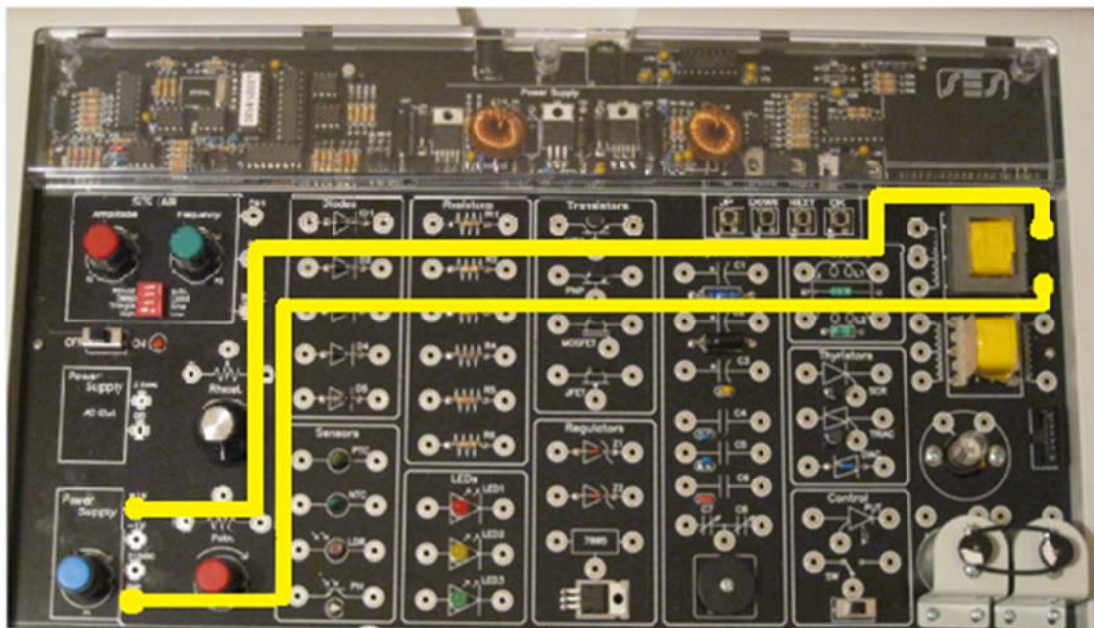
3. Συνδέστε συνεχές ρεύμα με τάση +12VDC στο πρωτεύον τύλιγμα του μετασχηματιστή με πυρήνα.

ΠΡΟΣΟΧΗ! Μην ενεργοποιήσετε την εκπαιδευτική μονάδα εάν δεν καλέσετε το διδάσκοντα για ένα τυπικό έλεγχο των συνδέσεων.

Έχετε πραγματοποιήσει το ακόλουθο κύκλωμα:



Σχήμα 5.5: Σχήμα βήματος 3

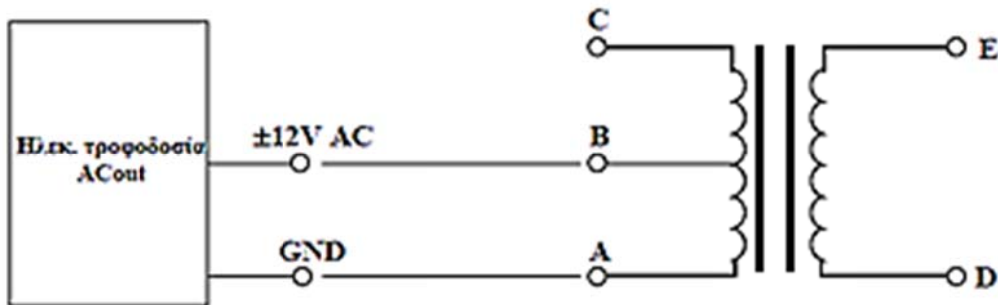


Εικόνα 5.2: Εικόνα βήματος

4. Μετρήστε την τάση V_{CB} και V_{AB}
Τι παρατηρείτε; Είναι λογικό και γιατί;

(Τάση στο Πρωτεύον)

5. Συνδέστε ένα καλώδιο από το $\pm 12\text{V AC}$ του Power Supply στον ακροδέκτη B.
6. Συνδέστε ένα καλώδιο από το GND του Power Supply στον ακροδέκτη A.
7. Έχετε πραγματοποιήσει το ακόλουθο κύκλωμα:



Σχήμα 5.6: Σχήμα βήματος 7



Εικόνα 5.3: Εικόνα βήματος 7

8. Μετρήστε την τάση στους ακροδέκτες A-B και γράψτε το αποτέλεσμα
 $V_{in} =$ (V)
9. Μετρήστε την τάση στους ακροδέκτες D-E και γράψτε το αποτέλεσμα
 $V_{out} =$ (V)

Υπολογίστε το λόγο των σπειρών: $n_1 = \frac{V_{out}}{V_{in}} =$

10. Κάντε εναλλαγή των ακροδεκτών A-B (συνδέστε την τάση $\pm 12\text{VAC}$ στο A και το GND στο B)

11. Επαναλάβετε τα βήματα 8-10. Τι παρατηρείτε; Πώς αιτιολογείται?

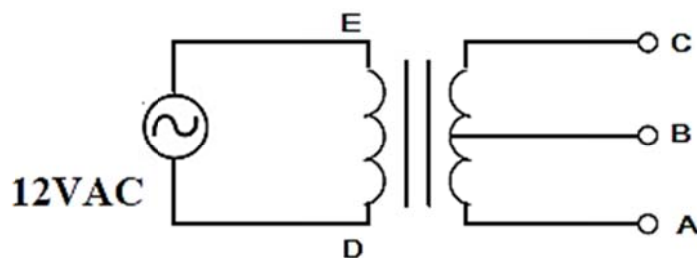
ΠΡΟΣΟΧΗ!: Μην ενεργοποιήσετε την εκπαιδευτική μονάδα εάν δεν καλέσετε το διδάσκοντα για ένα τυπικό έλεγχο των συνδέσεων.

(Τάση στο Δευτερεύον)

12. Αλλάξτε τη συνδεσμολογία της τροφοδοσίας του μετασχηματιστή ώστε το δευτερεύον τύλιγμα (ακροδέκτες D-E) να τροφοδοτείται με τάση $\pm 12\text{VAC}$ (το $\pm 12\text{VAC}$ στο D και το GND στο E).

ΠΡΟΣΟΧΗ!: Μην ενεργοποιήσετε την εκπαιδευτική μονάδα εάν δεν καλέσετε το διδάσκοντα για ένα τυπικό έλεγχο των συνδέσεων.

Έχετε πραγματοποιήσει το ακόλουθο κύκλωμα:



Σχήμα 5.7: Σχήμα βήματος 13



Εικόνα 5.4: Εικόνα βήματος 13

1. Μετρήστε την τάση στους ακροδέκτες D-E και γράψτε το αποτέλεσμα:

$$V_{in} = \quad (V)$$

2. Μετρήστε την τάση στους ακροδέκτες A-B και γράψτε το αποτέλεσμα:

$$V_{out} = \quad (V)$$

3. Υπολογίστε το λόγο των σπειρών:

$$n_2 = \frac{V_{out}}{V_{in}} =$$

Ισχύει η σχέση $n_1 = \frac{1}{n_2}$; Γιατί;

4. Μετρήστε την τάση στους ακροδέκτες E-D και γράψτε το αποτέλεσμα:

$$V_{ED} = \quad (V)$$

5. Μετρήστε την τάση στους ακροδέκτες A-C και γράψτε το αποτέλεσμα:

$$V_{AC} = \quad (V)$$

6. Υπολογίστε την αναλογία περιέλιξης μεταξύ τυλιγμάτων ED και AC.

$$n = \frac{V_{ED}}{V_{AC}} =$$

7. Μετρήστε την τάση μεταξύ των ακροδεκτών A-B και C-B:

$$V_{AB} = \quad (V), \quad V_{AC} = \quad (V)$$

8. Ελέγξτε εάν ισχύει $V_{AC} = V_{CB} + V_{AB}$

Ποια η σχέση μεταξύ του συνολικού αριθμού σπειρών μεταξύ των ακροδεκτών A-C και των ακροδεκτών E-D;

(Μελέτη μετασχηματιστή χωρίς πυρήνα)

9. Επαναλάβετε βήματα 5-22 για το μετασχηματιστή χωρίς πυρήνα.

Τι παρατηρείτε; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

Τεχνική έκθεση

1. Γράψτε τις παρατηρήσεις σας για τα αποτελέσματα των μετρήσεων και πώς αυτά επαληθεύουν τη θεωρία.

Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας

Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Αθήνας**» 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.



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Σημειώματα

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright ΤΕΙ Αθήνας, Δημήτριος - Νικόλαος Παγώνης, 2014. Δημήτριος - Νικόλαος Παγώνης. «Ηλεκτροτεχνία, ηλ. μηχανές & εγκαταστάσεις πλοίου (Ε). Ενότητα 6: Ο Μετασχηματιστής». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: ocp.teiath.gr.

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. Οι όροι χρήσης των έργων τρίτων επεξηγούνται στη διαφάνεια «Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων».

Τα έργα για τα οποία έχει ζητηθεί άδεια αναφέρονται 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.

Επεξήγηση όρων χρήσης έργων τρίτων

| | |
|--------------------------------------|---|
| © | Δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, παρά μόνο εάν ζητηθεί εκ νέου άδεια από το δημιουργό. |
| διαθέσιμο με άδεια CC-BY | Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου και η δημιουργία παραγώγων αυτού με απλή αναφορά του δημιουργού. |
| διαθέσιμο με άδεια CC-BY-SA | Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού, και διάθεση του έργου ή του παράγωγου αυτού με την ίδια άδεια. |
| διαθέσιμο με άδεια CC-BY-ND | Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η δημιουργία παραγώγων του έργου. |
| διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC | Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου. |
| διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC-SA | Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού και διάθεση του έργου ή του παράγωγου αυτού με την ίδια άδεια. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου. |
| διαθέσιμο με άδεια CC-BY-NC-ND | Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου με αναφορά του δημιουργού. Δεν επιτρέπεται η εμπορική χρήση του έργου και η δημιουργία παραγώγων του. |
| διαθέσιμο με άδεια CC0 Public Domain | Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, η δημιουργία παραγώγων αυτού και η εμπορική του χρήση, χωρίς αναφορά του δημιουργού. |
| διαθέσιμο ως κοινό κτήμα | Επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου, η δημιουργία παραγώγων αυτού και η εμπορική του χρήση, χωρίς αναφορά του δημιουργού. |
| χωρίς σήμανση | Συνήθως δεν επιτρέπεται η επαναχρησιμοποίηση του έργου. |

Διατήρηση Σημειωμάτων

- Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:
- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.