



Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθήνας



Ηλεκτροτεχνία, ηλ. μηχανές & εγκαταστάσεις πλοίου (Ε)

Ενότητα 5: Ηλεκτροκινητήρας συνεχούς ρεύματος (DC)

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



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

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 4	3
Θεωρία	4
Πορεία Εργασίας	4
Τεχνική έκθεση	10

Περιεχόμενα εικόνων

Εικόνα 4.1: Εικόνα βήματος 8	Error! Bookmark not defined.
Εικόνα 4.2: Εικόνα βήματος 17	Error! Bookmark not defined.
Εικόνα 4.3: Εικόνα βήματος 24	Error! Bookmark not defined.

Περιεχόμενα σχημάτων

Σχήμα 4.1	Error! Bookmark not defined.
Σχήμα 4.2	Error! Bookmark not defined.
Σχήμα 4.3	Error! Bookmark not defined.
Σχήμα 4.4	Error! Bookmark not defined.
Σχήμα 4.5	Error! Bookmark not defined.
Σχήμα 4.6	Error! Bookmark not defined.
Σχήμα 4.7	Error! Bookmark not defined.
Σχήμα 4.8	Error! Bookmark not defined.
Σχήμα 4.9: Σχήμα βήματος 7	Error! Bookmark not defined.
Σχήμα 4.10: Σχήμα βήματος 25	Error! Bookmark not defined.

Άσκηση 5

Αντικείμενο:

- Ηλεκτροκινητήρας συνεχούς ρεύματος (DC)

Στόχοι αυτού του πειράματος:

- Κατανόηση των βασικών αρχών λειτουργίας του ηλεκτροκινητήρα συνεχούς ρεύματος (DC)

Εξοπλισμός που θα χρειαστούμε:

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

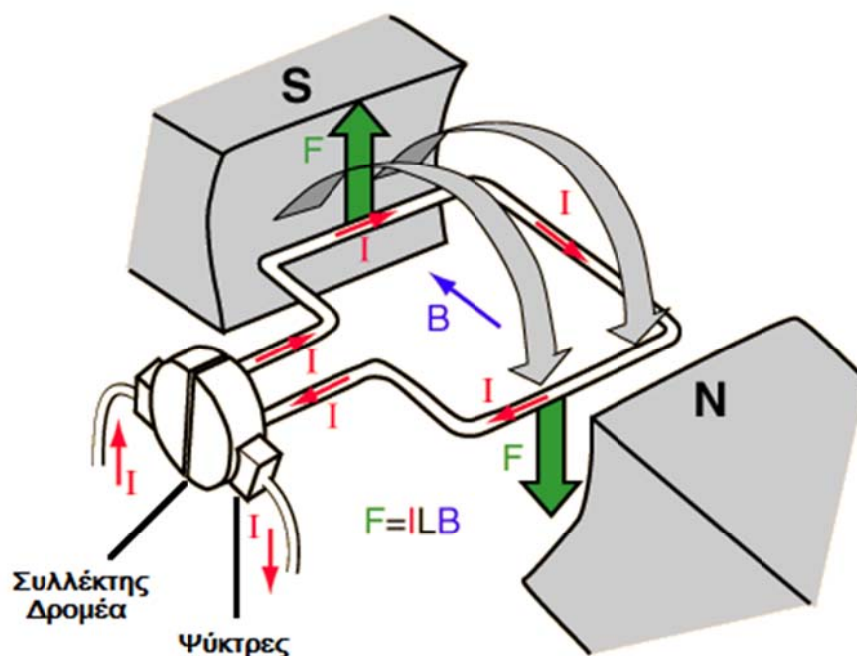
Θεωρία

Ο ηλεκτρικός κινητήρας ή ηλεκτροκινητήρας, (motor, κοινώς “μοτέρ”), αποτελεί διάταξη για τη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε μηχανική ενέργεια, που χρησιμοποιείται ευρέως σε σύγχρονες βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Οι Συνεχούς Ρεύματος κινητήρες (DC motor) αποτελούν υποκατηγορία των ηλεκτρικών κινητήρων. Τα κυριότερα πλεονεκτήματά τους είναι η ευκολία ελέγχου της ταχύτητάς τους και η εξαιρετική δυναμική συμπεριφοράς τους. Η αρχή λειτουργίας ενός ηλεκτρικού κινητήρα στηρίζεται κυρίως στην ανάπτυξη δύναμης Laplace. Εν συντομία, όταν ένας αγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έντασης I και ταυτόχρονα βρίσκεται σε μαγνητικό πεδίο έντασης B , αναπτύσσεται πάνω σε αυτόν δύναμη Laplace ίση με:

$$F = B \cdot I \cdot L \cdot \sin \varphi$$

όπου:

- I = Ένταση Ρεύματος
- L = Μήκος Αγωγού
- B = Ένταση Μαγνητικού πεδίου
- φ = Η γωνία που σχηματίζει ο αγωγός με τη διεύθυνση των δυναμικών γραμμών



Σχήμα 1: Στοιχειώδης ηλ. μηχανή συνεχούς ρεύματος

Γενικότερα, τα κύρια μέρη ενός ηλεκτρικού κινητήρα συνεχούς ρεύματος είναι τα ακόλουθα:

- **Ο Δρομέας**

Ο Δρομέας αποτελείται από τον ηλεκτροφόρο αγωγό ο οποίος είναι τοποθετημένος σε πυκνές περιελίξεις (σπείρες) ώστε να περιέχει όσο μεγαλύτερο μήκος αγωγού γίνεται για δεδομένο όγκο.

- **Ο Στάτης**

Ο Στάτης αποτελείται από μόνιμους μαγνήτες ή ηλεκτρομαγνήτες για την παροχή του απαραίτητου μαγνητικού πεδίου.

- **Οι Ψύκτρες / Συλλέκτες δρομέα**

Οι Ψύκτρες έρχονται σε επαφή με το δρομέα (συλλέκτες δρομέα) τροφοδοτώντας τον με ρεύμα, διασφαλίζοντας την ηλεκτρική σύνδεσή του με το εξωτερικό κύκλωμα τροφοδοσίας.

Το μαγνητικό πεδίο στο συγκεκριμένο κινητήρα της άσκησης είναι ομογενές μαγνητικό πεδίο, που δημιουργείται από **δύο μόνιμους μαγνήτες** αντίστροφης πολικότητας, τοποθετημένους στις πλευρές του κινητήρα όπως φαίνεται στο σχήμα 5.1. Εφαρμόζοντας τάση στο δρομέα του κινητήρα (μέσω των ψυκτρών / συλλεκτών) αναπτύσσεται δύναμη Laplace, εφόσον ο δρομέας διαρρέεται από ρεύμα, η οποία προκαλεί την περιστροφή του (βλ. δύναμη F στο ίδιο σχήμα).

Η πολικότητα / φορά του ρεύματος που διαρρέει το δρομέα αντιστρέφεται μέσω της διάταξης των ψυκτρών / συλλεκτών (βλ. σημειώσεις της αντίστοιχης θεωρίας), προκαλώντας επίσης την αντίστοιχη αλλαγή της φοράς της αναπτυσσόμενης δύναμης Laplace για κάθε 180° περιστροφής (στο συγκεκριμένο παράδειγμα όπου υπάρχουν μόνο δύο τομείς στο συλλέκτη).

Να σημειωθεί ότι η δύναμη μηδενίζεται όταν οι γραμμές του μαγνητικού πεδίου είναι παράλληλες με τα τυλίγματα του δρομέα (γωνία $\phi=0^\circ$).

Για το λόγο αυτό άλλωστε σε μία πραγματική μηχανή συνεχούς ρεύματος οι τομείς στο συλλέκτη είναι παραπάνω από δύο (βλ. επόμενες ασκήσεις- ενότητα ηλεκτρικών μηχανών).

Βασικές σχέσεις επίλυσης προβλημάτων μηχανών Σ.Ρ. είναι οι ακόλουθες.

Γωνιακή ταχύτητα περιστροφής δρομέα (άξονα): $\omega_M = 2 \cdot \pi \cdot f_M$, $f_M = \frac{n_M}{60}$

όπου:

f_m η συχνότητα περιστροφής (Hz)

n_m ο αριθμός στροφών (rpm)

Ηλεκτρεγερτική / Αντι-ηλεκτρεγερτική δύναμη: $E = E_a = K_a \cdot \Phi_d \cdot \omega_M$

όπου:

$$K_a = \frac{P \cdot Z_a}{2 \cdot \pi \cdot a}$$

όπου:

P ο αριθμός των πόλων της μηχανής

Z_a ο συνολικός αριθμός αγωγών στο τύλιγμα του επαγωγίμου

a ο αριθμός παράλληλων κλάδων του τυλίγματος του επαγωγίμου

Φ_d η μαγνητική ροή ανά πόλο

K_a σταθερά (εξαρτάται από την κατασκευή της συγκεκριμένης μηχανής)

Ηλεκτρομαγνητική ισχύ: $P_{em} = E \cdot I_{e\pi} = E_a \cdot I_{e\pi}$ (Watt)

Ηλεκτρική ισχύ: $P_e = V_t \cdot I_t$ (Watt)

Μηχανική ισχύ: $P_m = T_m \cdot \omega_m$ (HP)

όπου:

V_t η τάση στους ακροδέκτες της μηχανής

I_t το ρεύμα στους ακροδέκτες της μηχανής

T_m η αναπτυσσόμενη ροπή στον άξονα P της μηχανής (N·m)

Ροή ισχύος και Βαθμός απόδοσης κινητήρα:



Σχήμα 5.2

(Μετατροπή HP σε kW : 1 HP = 0,746 kW)

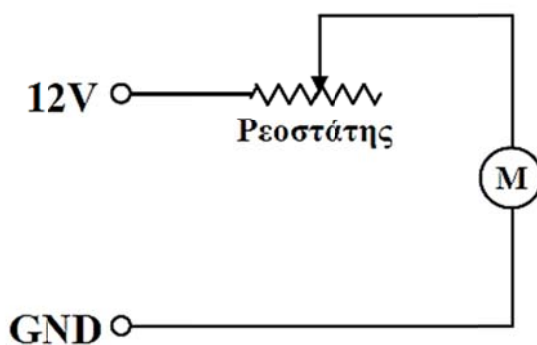
Πορεία Εργασίας

ΠΡΟΣΟΧΗ!: Απαραίτητη η προεργασία και κατοχή του παραρτήματος για τη χρήση του πολύμετρου.

1. Συνδέστε το TPS-3321 με το τροφοδοτικό.
2. Συνδέστε το τροφοδοτικό στην ηλεκτρική παροχή (πρίζα).

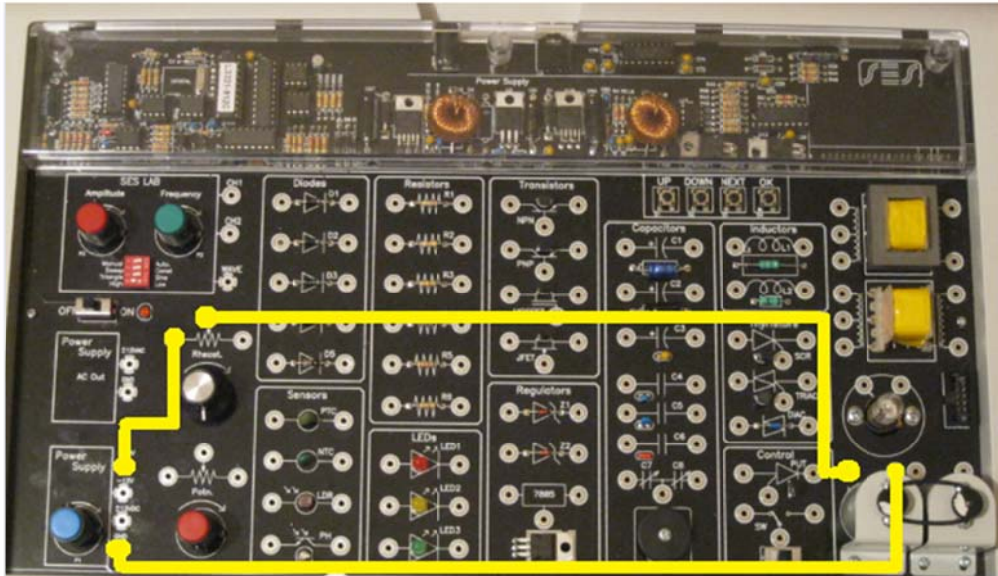
Στην εκπαιδευτική μονάδα υπάρχουν 2 DC κινητήρες συζευγμένοι (οι δύο ρότορες / δρομείς είναι συζευγμένοι μεταξύ τους) - ο ένας θα λειτουργήσει ως DC κινητήρας ενώ ο άλλος ως γεννήτρια DC.

3. Συνδέστε ένα καλώδιο από την υποδοχή +12V της πηγής (Power Supply) στην αριστερή υποδοχή του ρεοστάτη (Reostat).
4. Συνδέστε ένα καλώδιο από την κεντρική υποδοχή του ρεοστάτη σε μια από τις υποδοχές του κινητήρα.
5. Συνδέστε ένα καλώδιο από την άλλη υποδοχή του κινητήρα στην υποδοχή GND της πηγής (Power Supply).
6. Έχετε πραγματοποιήσει το ακόλουθο κύκλωμα:



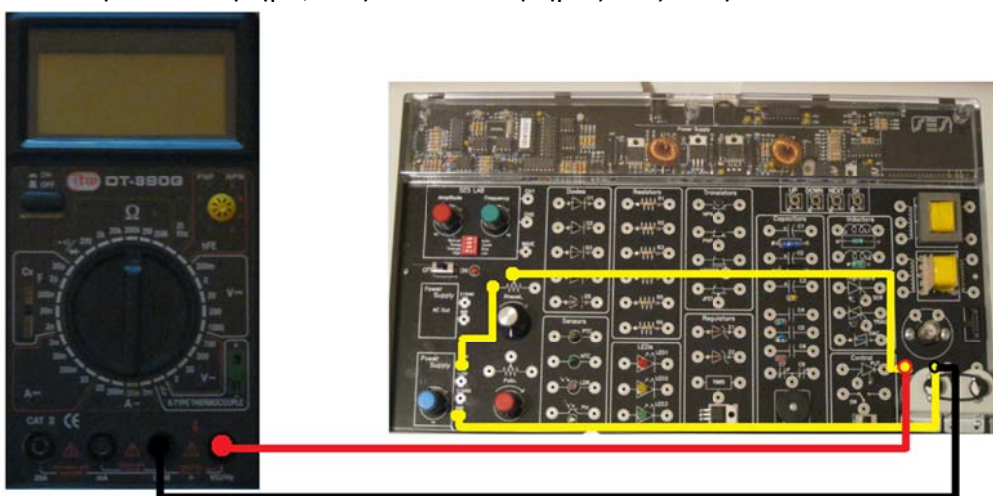
Σχήμα 5.3: Σχήμα βήματος 6

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



Εικόνα 1: Εικόνα βήματος 6

7. Ενεργοποιήστε την εκπαιδευτική μονάδα.
Τι συμπεριφορά έχει ο κινητήρας;
8. Αλλάξτε την πολικότητα της πηγής.
Τι παρατηρείτε;
Αιτιολογήστε την απάντησή σας;
9. Συνδέστε ένα βολτόμετρο παράλληλα με την είσοδο του κινητήρα (βλ. εικ. 8.2). Μειώστε την παρεχόμενη τάση από την πηγή στον κινητήρα μέσω του ρεοστάτη στο ελάχιστο (ο κινητήρας είναι σταματημένος).
10. Μεταβάλετε σταδιακά τη θέση του ρεοστάτη-αυξάνοντας την παρεχόμενη τάση στον κινητήρα, έως ότου ο κινητήρας να ξεκινήσει.



Εικόνα 2: Εικόνα βήματος 9

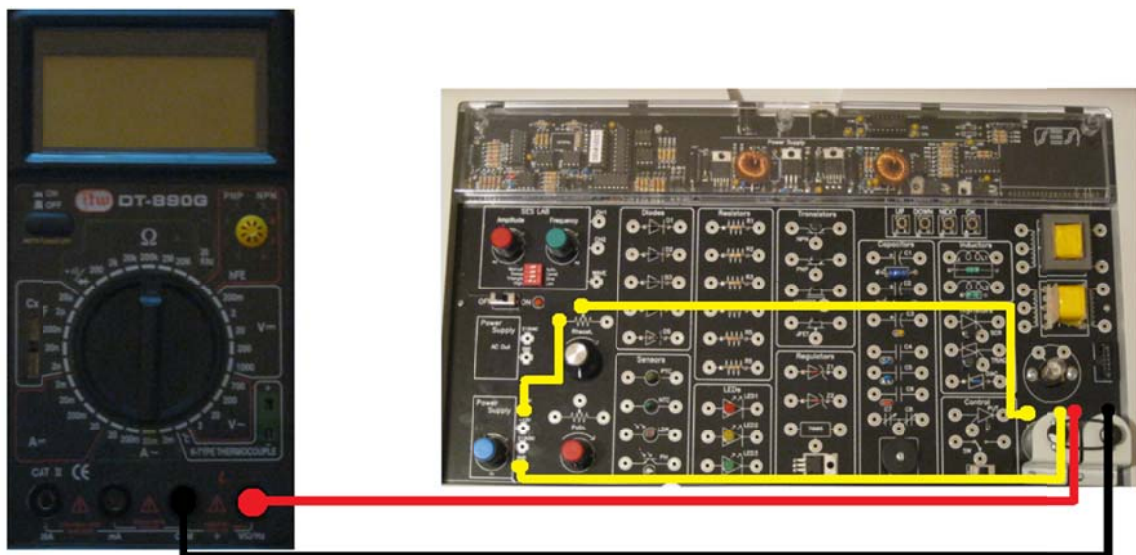
11. Σημειώστε την αναγραφόμενη τάση ως την τάση έναρξης (V_{start}).
12. Μεταβάλετε τη θέση του ρεοστάτη στη μέγιστη τιμή και αναγράψτε τη μέγιστη παρεχόμενη τάση στον κινητήρα (V_{max}). Τι παρατηρείτε στις στροφές του κινητήρα όσο η τάση αυξάνεται; Ποιος ο λόγος; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.
13. Μειώστε σταδιακά τη θέση του ρεοστάτη μέχρι να σταματήσει ο κινητήρας να κινείται.
14. Σημειώστε την τάση διακοπής (V_{stop}).
15. Απενεργοποιήστε την εκπαιδευτική μονάδα.

Τι παρατηρείτε για τις τιμές V_{start} και V_{stop} ; Αιτιολογήστε την απάντησή σας

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΔΕΥΤΕΡΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΩΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΑΣ

16. Συνδέστε ένα πολύμετρο παράλληλα με τη γεννήτρια –βρίσκεται δεξιά του άνω κινητήρα (ο ακροδέκτης με το σήμα V στην αριστερή υποδοχή της γεννήτριας και το COM στη δεξιά).

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



Εικόνα 3: Εικόνα βήματος 15

17. Ενεργοποιήστε την εκπαιδευτική μονάδα.

18. Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα:

Θέση ποτενσιόμετρου	Τάση γεννήτριας (V_{gen})
Ελάχιστη	
Μεσαία	
Μέγιστη	

Τι παρατηρείτε με την παραγόμενη τάση και τη θέση του ποτενσιόμετρου? Εξηγήστε αναλυτικά το φαινόμενο (συμβουλευτείτε τις σημειώσεις της θεωρίας).

Τεχνική έκθεση

1. Γράψτε τις παρατηρήσεις σας για τα αποτελέσματα των μετρήσεων και πως 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.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

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 5: Ηλεκτροκινητήρας συνεχούς ρεύματος (DC)». 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.