

# Οδηγός σύνταξης αναφορών εργαστηρίου για τα εργαστήρια Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων (βρίσκει εφαρμογή όμως και στα επόμενα εργαστήριά σας)

Μάρτιος 2024

## Εκπαιδευτικός: Γιώργος Δημητρακάκης

Τις ακόλουθες οδηγίες / παρατηρήσεις / υποδείξεις θα ήθελα να τις λαμβάνετε υπόψη αν πρόκειται για αναφορές αν επιθυμείτε να πάρετε κανένα βαθμό της προκοπής από αυτές, αλλά σίγουρα δε θα χάσετε αν τις έχετε υπόψη σας γενικώς.

### **A. ΥΛΙΚΑ – ΓΕΝΙΚΗ ΜΟΡΦΗ**

Οι σελίδες θα είναι αριθμημένες στο κάτω μέρος. Αυτό ισχύει είτε ανεβάζετε χειρόγραφες εργασίες σκαναρισμένες, είτε τις έχετε φτιάξει εξ ολοκλήρου στον υπολογιστή. Στις σκαναρισμένες εργασίες δε θα υπάρχουν μουτζούρες, αγοράστε Blanco. Θα γράφετε με μπλε ή μαύρους χαρακτήρες, όχι πράσινο ή κόκκινο ή άλλα περιέργα χρώματα φωσφορίζε πορτοκαλί, μωβ κλπ., αν θέλετε να τονίσετε κάτι θα το γράφετε με Bold χαρακτήρες ή θα το υπογραμμίζετε.

Τα ορθογραφικά λάθη είναι απαράδεκτα σε εκκολλητόμενους μηχανικούς. Αν η εργασία γίνεται στον υπολογιστή ενεργοποιήστε την αυτόματη διόρθωση. Προσέξτε ώστε από αυτά που γράφετε να βγαίνει νόημα, να υπάρχει σωστή σύνταξη. Στο φυλλάδιο γράφει σε υποτακτική ή προστακτική κλίση «...να υλοποιήσετε το κύκλωμα... πρέπει να διατηρείτε το ρεύμα... αυξήστε σταδιακά την τάση με βήμα τόσο... και μετρήστε... συμπληρώστε τον πίνακα...». Εσείς πρέπει να αναφέρεστε σε όσα έγιναν στο εργαστήριο σε παρελθοντικό χρόνο, παρατατικό ή αόριστο «...υλοποιήσαμε το κύκλωμα... αυξάναμε σταδιακά την τάση με βήμα... και μετρούσαμε...» ή υπερσυντέλικο «...είχαμε φροντίσει πριν τροφοδοτήσουμε το κύκλωμα ώστε...». Για όσα ακολουθούν ως εργασία στο σπίτι επιτρέπεται και ο ενεστώτας: «...ακολουθώ υπολογίζουμε... και συμπληρώνουμε τις υπόλοιπες στήλες...».

Δε θα ξεχνάτε να σημειώνετε τον αριθμό της πλακέτας αντιστάσεων – πυκνωτών και τον αριθμό του πάγκου στις ασκήσεις με την τριφασική παροχή, ώστε να μπορούμε να πιστοποιήσουμε τη συνέπεια των μετρήσεών σας, αφού σε κάθε πάγκο συμβαίνουν διαφορετικά πράγματα και υπάρχουν εν γένει διαφορετικά όργανα και συσκευές με αυτά που αναφέρονται μέσα στο φυλλάδιο.

### **B. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Ονόματα συμμετεχόντων, Εργαστήριο, Τμήμα (μέρα – ώρα, π.χ. Τετάρτη 2-4), Ημερομηνία διεξαγωγής, Αριθμός άσκησης – Τίτλος άσκησης.

Αριθμός πλακέτας / πάγκου.

Ο σκοπός της άσκησης, λίγες γραμμές. Μπορείτε απλά να αντιγράψετε αυτό που υπάρχει στο φυλλάδιο ή να το διατυπώσετε όπως το αντιλαμβάνεστε.

Σωστό είναι μετά να γράψετε 10-20 γραμμές σχετικά με το αντικείμενο μελέτης της άσκησης, τη σχετική θεωρία, κάτι τέλος πάντων. Αν δεν το κάνετε, θα πάρετε κάτι τις λιγότερο από τους άλλους που το έκαναν. Αν σας ζητήθηκε να καταγράψετε πληροφορίες για τα όργανα, τις συσκευές ή τις μηχανές τα αναγράφετε εδώ. Αν κάποια στοιχεία μετρήθηκαν και δε δόθηκαν έτοιμα, τα αναγράφετε επίσης εδώ και εξηγείτε πώς ακριβώς προσδιορίσατε τις τιμές τους.

Σχεδιάζετε το κύκλωμα που κάνατε, με τις συσκευές και τα όργανα μετρήσεων. Όχι το ισοδύναμο κύκλωμα. Το ισοδύναμο κύκλωμα μπορεί να ζητείται κάπου αλλού ή να είναι αντικείμενο μελέτης, οπότε

θα το σχεδιάσετε εκεί που πρέπει. Εδώ λέτε «υλοποιήσαμε το ακόλουθο κύκλωμα» και δίνετε το σχηματικό αυτού που κάνατε, όχι κάτι άλλο, όχι κανένα σκαρίφημα που σας δίνουμε για να απομνημονεύσετε καλύτερα τις καλωδιώσεις. Για το σχεδιασμό του κυκλώματος (και των πινάκων) χρησιμοποιήστε ένα χαρακάκι και μην τραβάτε γραμμές στο περίπου.

Εξηγείτε τη διαδικασία (αν υπάρχει). Τι ειδικές επιλογές κάνατε για τα όργανα, ποια συσκευή τροφοδοτήσατε πρώτη, τι ρυθμίσεις κάνατε κλπ και τέλος, ποιο μέγεθος ήταν αυτό που μεταβάλλατε ως ελεύθερο παράμετρο και ποια ήταν εκείνα που μετρούσατε.

Αν τα κυκλώματα ήταν περισσότερα από ένα σωστότερο είναι να κάνετε τις παραπάνω διαδικασίες (παρουσίαση κυκλώματος, περιγραφή διαδικασίας) για το πρώτο, μετά τα ίδια για το δεύτερο κ.ο.κ. Όχι πως είναι μεγάλο το κακό αν δείξετε όλα μαζί τα κυκλώματα στην αρχή και μετά πείτε τη διαδικασία που ακολουθήθηκε σε κάθε περίπτωση. Αρκεί να γίνεται σαφές σε ποιο κύκλωμα αντιστοιχεί η διαδικασία που περιγράφετε κάθε φορά.

Πίνακας μετρήσεων και υπολογισμών. Φαίνονται όλα τα μεγέθη (μην ξεχνάτε τις μονάδες μέτρησης!) και αυτά που μετρήσατε και αυτά που κατόπιν υπολογίσατε.

Αμέσως μετά τον πίνακα, δείχνετε για κάθε ένα από τα μεγέθη που προέκυψαν μέσω υπολογισμού, πώς έγινε αυτός ο υπολογισμός, με ένα παράδειγμα (τον τύπο, αντικατάσταση τα νούμερα να φαίνονται, το αποτέλεσμα), π.χ. για την πρώτη μέτρηση και σημειώνετε «ομοίως υπολογίστηκε και για τις άλλες περιπτώσεις».

Κάνετε ό,τι άλλο σας ζητείται. Συνήθως είναι κάποιες γραφικές παραστάσεις ή διανυσματικά διαγράμματα και η απάντηση κάποιων ερωτημάτων που εμπεριέχουν υπολογισμούς.

#### Για τα ερωτήματα:

Γράφετε ΚΑΙ το ερώτημα (την εκφώνηση δηλαδή, ολόκληρη, όχι μόνο τον αύξοντα αριθμό του ερωτήματος όπως εμφανίζεται στο φυλλάδιο) ΚΑΙ την απάντηση αναλυτικά με τους τυχόν υπολογισμούς.

#### Για τις γραφικές παραστάσεις:

Καλύτερα να τις κάνετε σε μιλιμετρέ χαρτί, με τα χεράκια σας. Παρακάτω θα σας πω τι να προσέξετε αν τις κάνετε στον υπολογιστή.

Αφού πρώτα δείτε σε ποιο εύρος τιμών κυμαίνονται τα μεγέθη σας, επιλέγετε ποιο εύρος τιμών θα καλύπτουν οι άξονές σας (π.χ. αν πρέπει να εμπεριέχεται το 0 ή όχι) και θα επιλέξετε την κατάλληλη βαθμονόμηση. Το κάθε mm να αντιστοιχεί σε ακέραιο πολλαπλάσιο ή υποπολλαπλάσιο του μεγέθους. Π.χ. μην επιλέγετε 1cm να αντιστοιχεί σε 3A... Σε αυτή την περίπτωση πόσα A αντιστοιχούν σε ένα mm; 0.3A μήπως; Τρέχα γύρευε! Το διάγραμμα πρέπει να είναι «ευανάγνωστο» όχι σπαζοκεφαλιά! Γενικά προσπαθήστε να αποφεύγετε τα 0.3, 3, 30... ή άλλα περίεργα... μη βάλετε π.χ. 1cm = 7A ή 9A. Τα 1, 2, 5 είναι που βολεύουν καλύτερα στην μετέπειτα ανάγνωση του διαγράμματος. Μην βάζετε 1cm = 35V επειδή έτσι σας βολεύει, ώστε τα 350V που έχετε να βγουν ακριβώς 10cm.

Στον κάθε άξονα πρέπει οπωσδήποτε να αναγράφεται το μέγεθος που αναπαρίσταται και οι μονάδες μέτρησής του!

Το διάγραμμα δεν είναι ανάγκη να πιάνει μια σελίδα, αλλά να μην είναι και πάρα πολύ μικρό που να μη βλέπουμε τι γίνεται. Άπαξ και επιλέξετε το μέγεθος του χαρτιού, φροντίστε ώστε το διάγραμμα να πιάνει όσο περισσότερη επιφάνεια γίνεται. Μη βάζετε τους άξονες τέρμα στην άκρη και μετά που σκανάνετε τα χαρτιά αυτοί δε φαίνονται. Αυτό το έρμο το μέγεθος πάνω αριστερά, στο τέρμα του κατακόρυφου άξονα, δεν το βλέπεις που είναι κρυμμένο;

Σε κάποια άδεια γωνιά του διαγράμματος να αναγράφονται τα μεγέθη που είναι σταθερά, π.χ.  $n = 1500$ σαλ,  $I_f = 0.30A$ .

Τα πειραματικά σημεία να φαίνονται ξεκάθαρα. Κάνετε χοντρές κουκκίδες. Αν πρόκειται για οικογένεια καμπυλών μια καλή ιδέα είναι για τη μια να κάνετε κουκκίδες, για την άλλη κυκλάκια, για την άλλη τριγωνάκια κλπ. Τις καμπύλες μπορείτε επίσης να τις τραβήξετε με διαφορετικά χρώματα μολύβι.

Αφήστε στους άξονες ΜΟΝΟ την κανονική βαθμονόμηση και μη σημειώνετε εκεί τις μετρήσεις. Αυτές βρίσκονται στον πίνακα, φτάνει τόσο, μην τις στριμώνετε και στους άξονες! Μην τραβάτε γραμμούλες από τα πειραματικά σημεία προς τους άξονες για να δείξετε που πέφτει η μέτρηση, δε χρειάζεται, γι' αυτό τη ζητάμε σε μιλιμετρέ.

Οι καμπύλες δεν πρέπει να είναι γραμμούλες που ενώνουν τις τελίτσες. Ανάλογα και με αυτά που έχουμε πει στη θεωρία φέρτε μια καμπύλη που να διέρχεται ανάμεσα από τα σημεία, ευθεία, παραβολή, ό,τι είναι τέλος πάντων (στο βιβλιοπωλείο μπορείτε να βρείτε με 3-4 ευρώ ένα καμπυλόγραμμα, θα σας φανεί πολύ χρήσιμο για να σχεδιάζετε όμορφες καμπύλες). Το ίδιο οφείλετε να παρουσιάσετε και αν η γραφική γίνει στον υπολογιστή. Αν δε σας βγαίνει με το Excel ή με όποιο άλλο λογισμικό δουλεύετε, σχεδιάστε με τον υπολογιστή μόνο τα υπόλοιπα (άξονες, πειραματικά σημεία) και την καμπύλη σχεδιάστε τη μετά από πάνω με το χέρι. Στον υπολογιστή συνήθως έχετε επιλογές για το αν θα υπάρχει πλέγμα και πώς θα φαίνεται. Αν το επιλέξετε μην το κάνετε πολύ πυκνό και κάντε το αχνό, ίσα που να φαίνεται.

Αν κάποιο πειραματικό σημείο είναι εμφανώς πολύ μακριά (πάντα υπάρχει μια διασπορά των σημείων.. ε, κάποιο μπορεί να ξεφεύγει εντελώς!) μην προσπαθείτε να πάτε την καμπύλη να περάσει κι από κει κοντά σώνει και ντε! Απορρίψτε το εντελώς και με ένα σχόλιο μετά εξηγήστε τι μπορεί να πήγε λάθος και σας βγήκε αυτή η μέτρηση κουκουρούκου.

Τις γραφικές παραστάσεις, αν και τις θέλουμε όμορφες και τακτοποιημένες, δε τις κάνουμε για ομορφιά. Περιμένουμε μετά να μας πείτε αν βλέπετε κάτι απρόσμενο, αν επιβεβαιώνεται η θεωρία, αν υπάρχει κορεσμός στο υλικό ή όχι... να κάνετε κάποιο σχόλιο ή κάποια σχόλια! Η θεωρία δεν επιβεβαιώνεται πάντα. Στη DC μηχανή σας μαθαίνουμε ότι οι στροφές πέφτουν με το φορτίο, ενώ κάποιοι τις βλέπετε στον πάγκο να παραμένουν ψιλοσταθερές και για μεγάλα φορτία να αυξάνονται κιάλας! Περιμένουμε να το εντοπίσετε και να μας πείτε τη γνώμη σας. Τα σχόλια μην τα γράφετε πάνω στο μιλιμετρέ χαρτί μέσα στο διάγραμμα, αλλά στη συνέχεια, κανονικά, στη διαγραμμισμένη κόλλα που γράφετε και τα υπόλοιπα.

Αν κάτι σας βγαίνει εντελώς εκτός πραγματικότητας, αν ο συντελεστής ισχύος ή ο βαθμός απόδοσης σας βγαίνει ίσος με 2.5 και η ροπή στον άξονα σας βγαίνει 0.0000041 Nm γράψτε στα σχόλια ότι αυτό το αποτέλεσμα είναι αδύνατον και πως κάπου πρέπει να υπάρχει λάθος, μη με αφήνετε να πιστεύω ότι για τη λήψη του πτυχίου σας λείπουν μόνο η κάπα, η γκλίτσα και η φλογέρα. (Δεν έχω κάτι με τους τσοπάνηδες, κάθε άλλο, άλλωστε έχω υπάρξει στο παρελθόν, αν όμως βγάζετε την ισχύ στον πάγκο 2.33MW και αυτό δε σας κάνει καμιά εντύπωση, καλύτερα να πάτε να βοηθάτε τον τσοπάνη γονιό στο καθημερινό άρμεγμα και στη βοσκή, παρά να του ζητάτε λεφτά για σπουδές).

Αν σας ζητούνται διανυσματικά διαγράμματα αυτά πρέπει να έχουν συγκεκριμένες κλίμακες (A/cm, V/cm) και να προκύπτουν από κάποιο συγκεκριμένο σετ μετρήσεων. Στο τρίγωνο ισχύος υπάρχει επίσης συγκεκριμένη κλίμακα W, VA, VAR/cm και δεν υπάρχουν βαθμονομημένοι άξονες και τέτοια. Το σχεδιάζετε για κάποια συγκεκριμένη μέτρηση. Θα εξηγήιτε, όχι πάνω στο μιλιμετρέ χαρτί αλλά πριν ή μετά εντός της αναφοράς, πώς προέκυψαν τα διάφορα μήκη και οι γωνίες. Δε θέλουμε μια γενική ζωγραφιά σαν και αυτή που σας κάνουμε στον πίνακα για να σας εξηγήσουμε τη θεωρία.

## Ακρίβεια μετρήσεων και υπολογισμών

Κάποια πράγματα που τα μαθαίνετε στα Εργαστήρια Φυσικής και αλλού και που παρόλα αυτά επιμένετε να μην τα εφαρμόζετε...

### 1) Μετρήσεις

Αν έχετε ψηφιακό όργανο γράφετε ό,τι βλέπετε. Προσοχή στις μονάδες που αναγράφονται στην οθόνη. Αν δεν αναγράφονται στην οθόνη κοιτάξτε την κλίμακα που επιλέξατε. Αν είναι η κλίμακα  $2k\Omega$ , τότε το 0.224 που βλέπετε είναι  $k\Omega$ . Αν το τελευταίο ψηφίο παίζει γράφετε μία τιμή, συνήθως δεν έχει και ιδιαίτερη σημασία αυτό το τελευταίο ψηφίο. Αν όλη η ένδειξη παίζει σε μια περιορισμένη περιοχή τιμών μπορεί όντως να υπάρχει μια μεταβολή (π.χ. στο ρεύμα), οπότε κρατάτε μια μέση τιμή στο περίπου. Μπορεί όμως απλά να μη γίνεται καλή επαφή των ακροδεκτών (π.χ. στο ωμόμετρο) οπότε με λίγη πίεση η τιμή σταθεροποιείται. Μπορεί η τιμή να παρουσιάζει μια μεταβολή προς μια σταθερή κατεύθυνση, π.χ. λίγο λίγο να αυξάνεται. Μάλλον στο κύκλωμα που μετράτε δεν έχει επέλθει θερμική ισορροπία και κάποια αντίσταση ακόμα αλλάζει τιμή. Είτε περιμένετε να σταματήσει η μεταβολή, είτε σημειώνετε την τιμή που έχετε, είτε αφήνετε τη μέτρηση για αργότερα. Αν σας έχουμε πει να μετρήσετε την αντίσταση στο τέλος του πειράματος το κάνετε γρήγορα καθώς η αντίσταση κρυώνει, το βλέπετε και στις τιμές που διαρκώς πέφτουν. Μερικά ψηφιακά όργανα δεν καταφέρνουν να μετρήσουν σωστά για πολύ μικρές τιμές. Παρακάμπτετε τη μέτρηση και πάτε σε επόμενη, για μεγαλύτερη τιμή, εκτός κι αν πρόκειται περί αμπεροτσιμπίδας ή αναλυτή ενέργειας με αμπεροτσιμπίδα, οπότε μπορείτε να φέρετε ακόμα μερικές στροφές το καλώδιο, να «φαίνεται» το ρεύμα  $\times 2$ ,  $\times 3$  κλπ.

Αν έχετε αναλογικό όργανο βγάλτε τα μάτια σας να διαβάσετε τι λέει. ΠΡΟΣΟΧΗ, το 1.5 είναι διαφορετικό πράγμα από το 1.50. Με το 1.50 δηλώνετε πως είχατε τη δυνατότητα να διακρίνετε αν η βελόνα ήταν λίγο προς το 1.40 ή λίγο προς το 1.60, αλλά δεν ήταν... ήταν ακριβώς στο 1.50! Γενικά, μπορούμε να διακρίνουμε με το μάτι ή έστω να κάνουμε μια χονδρική εκτίμηση για το πού βρίσκεται η βελόνα (αν δεν είναι ακριβώς πάνω στη γραμμή) με μια ακρίβεια δέκατου της δεδομένης υποδιαίρεσης. Όταν οι δεδομένες γραμμούλες είναι για τα 1.40, 1.50, 1.60 κλπ μπορείτε να διακρίνετε αν δείχνει 1.52 και όχι 1.50. Στη χειρότερη περίπτωση που οι γραμμούλες είναι πάρα πολύ κοντά μεταξύ τους βλέπουμε αν η βελόνα είναι μεταξύ δυο γραμμών και βάζουμε την ενδιάμεση τιμή: δε μπορείτε να δείτε αν είναι 1.52 ή 1.53, όμως αφού δεν είναι στο 1.50 αλλά ούτε και στο 1.60 και είναι ενδιάμεσα, γράφετε 1.55 και καθαρίζετε. Και πάλι, αφού μπορείτε να διακρίνετε μια μεταβολή 0.05, αν η βελόνα πέφτει ακριβώς στη γραμμή γράφετε 1.50 και όχι 1.5.

### 2) Υπολογισμοί

Μετά, στην αναφορά (ή στις εξετάσεις), καλείστε να υπολογίσετε διάφορα. Πρέπει να θυμάστε πως το πλήθος των σημαντικών ψηφίων ενός υπολογισμού είναι ίσο με το πλήθος των σημαντικών ψηφίων που έχει ο όρος εκείνος με τα λιγότερα σημαντικά ψηφία. Ανεξάρτητα τώρα από αυτόν τον κανόνα, οι καθηγητές σας είναι συνήθως ικανοποιημένοι με τρία σημαντικά ψηφία ή τέσσερα σε κάποιες περιπτώσεις, ανάλογα και την εφαρμογή. Οι χωρίς λόγο δικής σας εμπνεύσεως στρογγυλοποιήσεις οδηγούν σε λάθη και αφαίρεση βαθμών. Το ίδιο συμβαίνει και όταν παρουσιάζετε μια ατέλειωτη ουρά από ψηφία: δείχνετε πως δεν έχετε αντίληψη της πραγματικότητας σχετικά με το μέγεθος στο οποίο αναφέρεστε. Ο συντελεστής ισχύος είναι 0.85, όχι 0.8487655412. Το  $\cos\varphi = 0.50$  είναι διαφορετικό από το 0.42 ή το 0.66 ή το 0.55, διαφορετικά επίσης είναι τα 0.95 και 1. Η ισχύς πάνω στην αντίσταση είναι 211.5W και όχι 211.5088765W.

## Γ. ΣΗΜΕΙΑ ΠΡΟΣΟΧΗΣ

ΠΡΟΣΟΧΗ: Αν υπάρχει θέμα δυσλεξίας σε βαθμό που ο γραφικός σας χαρακτήρας να είναι εξαιρετικά δυσανάγνωστος, θα σας το πω, αλλά σίγουρα το γνωρίζετε και οι ίδιοι πριν σας το πω. Προτιμήστε να κάνετε την εργασία σε υπολογιστή ή ζητήστε βοήθεια από κάποιον. Αν είστε ομάδα αφήστε να τη γράψει κανένας άλλος.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Αναγράψτε το τμήμα στο οποίο είστε εγγεγραμμένοι και παρακολουθείτε. Αν κάποια βδομάδα μετακινηθείτε προσωρινά σε κάποιο άλλο τμήμα για κάποιο λόγο, εσείς και πάλι θα σημειώσετε το τμήμα στο οποίο είστε εγγεγραμμένοι, το κανονικό σας.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Για άσκηση στην οποία ήσαστε απόντες δε μπορείτε να φέρετε αναφορά! Για άσκηση που γίνεται σε δυο μέρη (δυο βδομάδες) και σεις απουσιάζατε στη μία, μπορείτε να φέρετε μια ολοκληρωμένη εργασία (με τη βοήθεια των μετρήσεων από τους συναδέλφους σας της ίδιας ομάδας), αλλά θα σημειώσετε πάνω ότι ήσαστε παρόντες μόνο στο ήμισυ της διεξαγωγής.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Αν η εργασία είναι ομαδική, ανεβαίνουν οι απαιτήσεις μου και γίνεται αυστηρότερη η βαθμολόγηση. Δε γίνεται μια εργασία που υποτίθεται έκαναν συνεργατικά δυο ή τρεις νοματαίοι να έχει επιπόλαια λάθη και παραλείψεις. Επίσης, το θεωρώ ανεπίτρεπτο όλα αυτά να τα έχουμε πει εκατό φορές στα Κυκλώματα και να έρχεστε μετά στις Μηχανές και στα Ηλεκτρονικά Ισχύος και να φέρνετε τις ίδιες μπαρούφες. Κανονίστε!