

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΙΣΧΥΟΣ (Εργαστήριο)
Σημειώσεις

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Πρόεδρος: *Γκλαβάς Σωτήριος*

ΓΡΑΦΕΙΟ ΕΡΕΥΝΑΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ Β΄

Προϊστάμενος: *Μάραντος Παύλος*, Σύμβουλος ΥΠΟΠΑΙΘ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΤΟΜΕΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ

Τσιλίκας Βάιος, Δρ.Μηχανικός Ε.Μ.Π.

Εισηγητής Ι.Ε.Π.

ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ

Πολίτης Γεώργιος, Dipl.-Ing., MSc Ηλεκτρολόγος-Ηλ/κός Μηχανικός

τ. Επίκουρος Καθηγητής Τμ. Αυτοματισμού ΤΕΙ Πειραιά

ΚΡΙΤΕΣ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΤΕΣ

Λιγνός Ιωάννης, Σχ.Σύμβουλος

Προϊστάμενος Δ/νσης Ε.Ε./Υ.ΠΟ.ΠΑΙ.Θ .

Ηλεκτρολόγος Μηχανικός MSEE, MBA, ΠΕ 12.05, ΠΕ 19

Γεωργιάκης Θεόδωρος, MSc Ηλεκτρολόγος Μηχανικός

Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ΠΕ 12.05, ΠΕ 19

Νικητοπούλου Σοφία, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός

Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ΠΕ 17.03, ΠΕ 12.06

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ, ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ

Γεώργιος Πολίτης

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΙΣΧΥΟΣ (Εργαστήριο) **Σημειώσεις**

Γ' ΕΠΑΛ

Τομέας: Ηλεκτρολογίας, Ηλεκτρονικής και Αυτοματισμού
Ειδικότητα: Τεχνικός Αυτοματισμού

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

- ❖ Κατασκευή παλμογεννήτριας.
- ❖ Χρήση του παλμογράφου στα κυκλώματα των Ηλεκτρονικών Ισχύος.
- ❖ Λήψη των χαρακτηριστικών ενός Thyristor.
- ❖ Το Thyristor σε κύκλωμα συνεχούς ρεύματος – συμπεριφορά
- ❖ Ημιάνορθωση. Μη ελεγχόμενη.
- ❖ Ημιάνορθωση. Ελεγχόμενη, με ωμικό φορτίο.
- ❖ Ημιάνορθωση. Ελεγχόμενη, με ωμικό-επαγωγικό φορτίο.
- ❖ Λειτουργία Diac.
- ❖ Triac.
- ❖ Λειτουργία Triac με ωμικό φορτίο.
- ❖ Λειτουργία Triac με ωμικό-επαγωγικό φορτίο.
- ❖ Μη ελεγχόμενη Γέφυρα-B2, πλήρους ανόρθωσης.
- ❖ Ελεγχόμενη Γέφυρα- B2, μονοφασικός ανορθωτής πλήρους ανόρθωσης.
- ❖ Μη ελεγχόμενη Γέφυρα-B2, πλήρους ανόρθωσης.
- ❖ Ελεγχόμενη Γέφυρα- B2. Μονοφασικός ανορθωτής πλήρους ανόρθωσης.
- ❖ Μη ελεγχόμενος τριφασικός ανορθωτής τριών παλμών (M3).
- ❖ Μη ελεγχόμενη Τριφασική Γέφυρα 6-παλμών.
- ❖ Ελεγχόμενη Τριφασική Γέφυρα 6-παλμών(B6C)

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το βιβλίο αυτό γράφτηκε, προκειμένου να καλύψει τις ανάγκες του μαθήματος «Ηλεκτρονικά Ισχύος» (Θεωρία), της ειδικότητας «Τεχνικός Αυτοματισμού», του Τομέα Ηλεκτρολογίας, Ηλεκτρονικής και Αυτοματισμού, στη Γ΄ Τάξη των ΕΠΑ.Λ. Τα ηλεκτρονικά ισχύος είναι μια ιδιαίτερα σημαντική τεχνολογία, που βρίσκει εφαρμογή σε ευρύ φάσμα των Τεχνικών Επιστημών.

Ωστόσο, επειδή το βιβλίο απευθύνεται σε μαθητές της Δευτεροβάθμιας Επαγγελματικής Εκπαίδευσης, η διδακτέα ύλη προσαρμόστηκε στο επίπεδο αυτό: χωρίστηκε σε κατηγορίες κυκλωμάτων, με αντιπροσωπευτικά κυκλώματα σε κάθε μία από αυτές, ούτως ώστε η κατανόηση της λειτουργίας τους να είναι ευκολότερη. Ιδιαίτερη δε βαρύτητα δόθηκε στα σχήματα αλλά και στις γραφικές παραστάσεις, με στόχο να παρουσιαστεί στους μαθητές μια πληρέστερη και πιο ολοκληρωμένη εικόνα της λειτουργίας των σημαντικών κυκλωμάτων.

Το παρόν βιβλίο αποτελείται από:

- Ένα εισαγωγικό κεφάλαιο, το οποίο διαπραγματεύεται τα βασικά στοιχεία των ηλεκτρονικών ισχύος.
- Το κεφάλαιο των ηλεκτρονικών διακοπών. Σημειωτέον ότι οι ηλεκτρονικοί διακόπτες δεν απαιτούν τάση μετάβασης.
- Το κεφάλαιο των ετεροοδηγούμενων κυκλωμάτων, τα οποία βρίσκουν συχνή εφαρμογή στον έλεγχο της κίνησης και στη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας. Τα κυκλώματα αυτά χρησιμοποιούν ως τάση μετάβασης την πολική τάση του δικτύου.
- Το κεφάλαιο, τέλος, των αυτοοδηγούμενων κυκλωμάτων. Τα κυκλώματα αυτά χρησιμοποιούνται σε DC και AC κυκλώματα. Τα τελευταία χρόνια, λόγω της ανάπτυξης νέων στοιχείων, βρίσκουν όλο και μεγαλύτερη εφαρμογή σε κυκλώματα που λειτουργούσαν με θυρίστορ. Η τάση μετάβασης προέρχεται από ένα συσσωρευτή ενέργειας ή από το φορτίο.

Εν κατακλείδι, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς τον Δρ. Π. Μάραντο, Προϊστάμενο του Γραφείου Έρευνας Σχεδιασμού και Εφαρμογών Β του Ι.Ε.Π., για τη γόνιμη συνεργασία μας, καθώς και προς τον Δρ. Β. Τσιλίκα, Εισηγητή του Ι.Ε.Π., για τις εύστοχες παρατηρήσεις του και για την καθοριστική συμβολή του στην έγκαιρη ολοκλήρωση του βιβλίου.

Άσκηση 1: Κατασκευή παλμογεννήτριας

(3 εβδομάδες)

Σκοπός αυτής της άσκησης είναι κατανόηση της λειτουργίας και τρόπος ρύθμισης του IC-TCA785.

Στον ακροδέκτη 5 λαμβάνεται από τον μετασχηματιστή (δευτερεύον) μέσω της αντίστασης $R_v=81K\Omega$ το σήμα συγχρονισμού και στην συνέχεια οδηγείται στον ανιχνευτή μηδενός (Zero-Detector). Κάθε φορά που η τάση του δικτύου (ημίτονο) διέρχεται από το μηδέν ο ZD παράγει ένα παλμό, ο οποίος οδηγείται στην Βαθμίδα Μνήμης Συγχρονισμού (BMΣ-Synchron. Register).

Η βαθμίδα μνήμης ΒΜΣ ελέγχει μια γεννήτρια πριονωτής τάσης. Ο πυκνωτής C_{10} αυτής της γεννήτριας φορτίζεται με ένα σταθερό ρεύμα με την βοήθεια του ποντεσιομέτρου $R_9=100k\Omega$. Στον ακροδέκτη 10 εμφανίζεται μια πριονωτή τάση ή τάση ράμπα. Όταν η τάση ράμπας (u_{10}) ξεπεράσει την τάση ελέγχου $u_R=u_{11}$ τότε στην έξοδο του συγκριτή-Ι (Control Comparator) παράγεται ένας παλμός. Ο οποίος οδηγείται στην λογική μονάδα (Logic). Μεταβάλλοντας την τάση ελέγχου μπορούμε να μεταβάλουμε το σημείο α από 0° ÷ 180° .

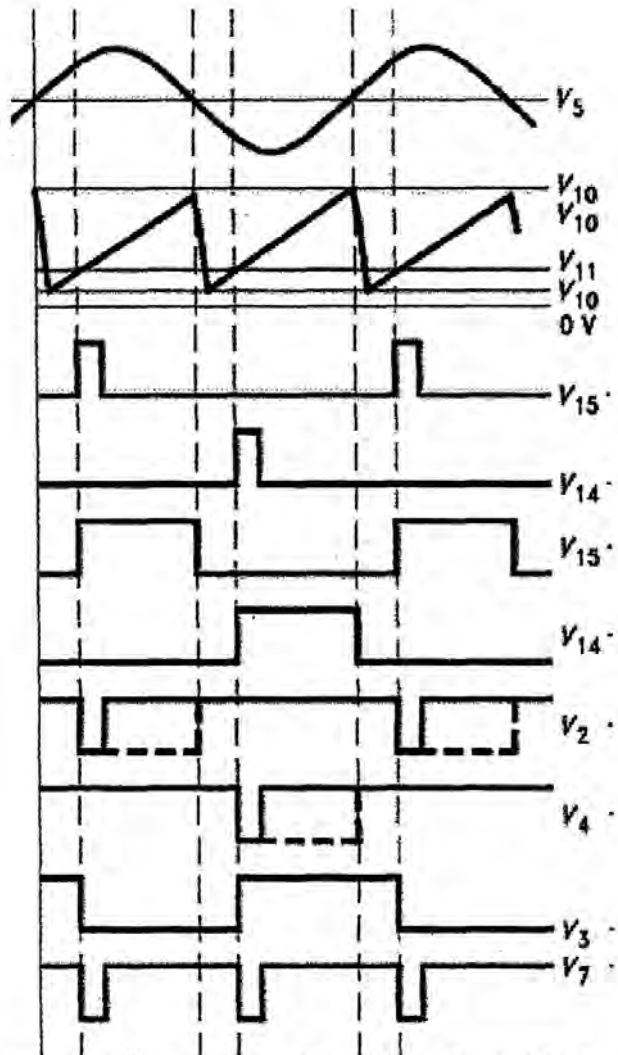
Στις εξόδους 14 και 15 εμφανίζεται ανά ένας παλμός διάρκειας 30μsec (Σχήμα 2.2). Η διάρκεια του παλμού μπορεί να ρυθμιστεί μέσω του πυκνωτή C_{12} μέχρι 180° . Εάν γειώσουμε τον ακροδέκτη 12 τότε λαμβάνουμε παλμούς διάρκειας από α έως 180° .

Ακροδέκτη 3: Λαμβάνουμε ένα σήμα $\alpha+180^\circ$ (Σχήμα 2.2).

Ακροδέκτη 6: Μπορούμε να μπλοκάρουμε τους παλμούς A_1 και A_2 .

Ακροδέκτη 7: Λαμβάνουμε ένα σήμα, το οποίο αντιστοιχεί στην πράξη NOR των σημάτων A_1 και A_2 .

Το ολοκληρωμένο IC-TCA785 χρησιμοποιείται για τον έλεγχο θυρίστορ, TRIAC, ανορθωτών, γεφυρών κ.λ.π.

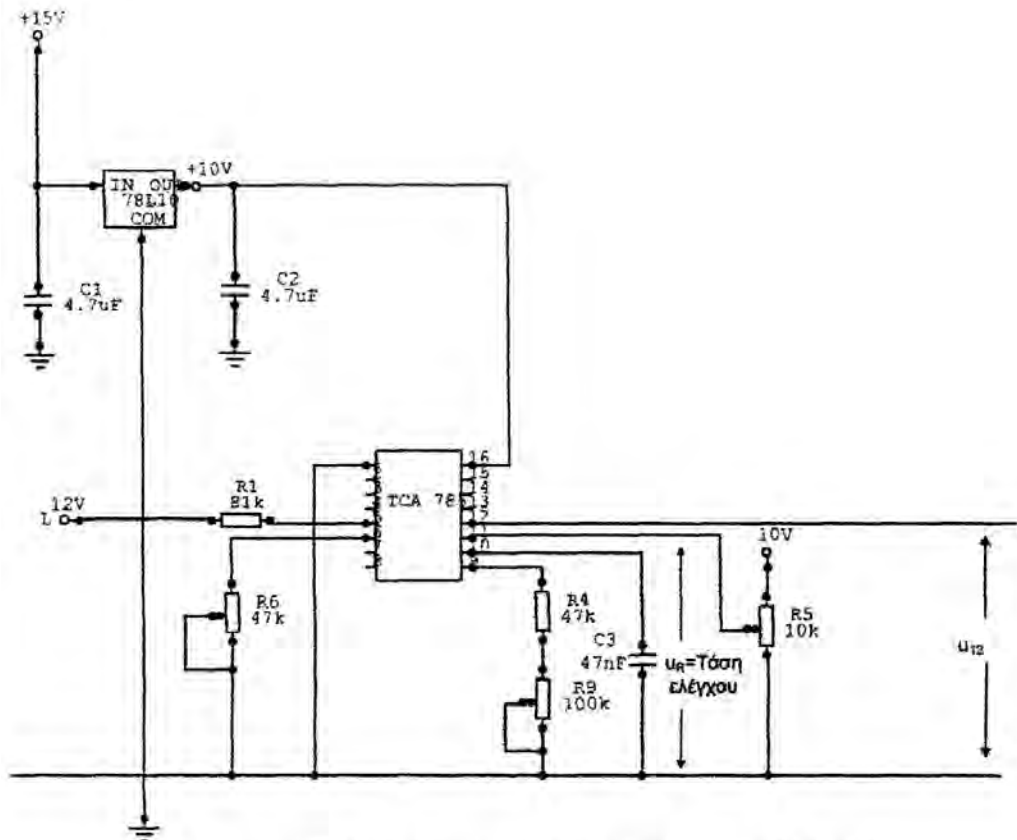


Οι παλμοί για κάθε ακροδέκτη της Λογική μονάδας

Κατασκευή πλακέτας

Υλικά

- 1xΠλακέτα
- 1x81KΩ για τη R_1
- 1x4,7KΩ poti/line για τη R_2
- 1x100KΩ poti/line για τη R_3
- 1x47KΩ για τη R_5
- 1x10KΩ poti/line για τη R_6
- 1x47nF για C_3
- 1 Βάσεις (16 ποδαράκια) για το TCA785



Κατασκευή παλμογεννήτριας με το ολοκληρωμένο TCA785

Διαδικασία

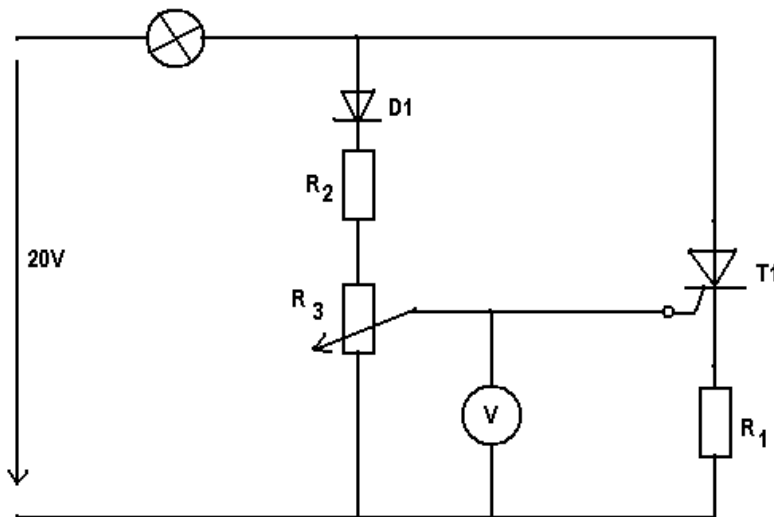
1. Τοποθετήστε το ολοκληρωμένο TCA785 στο πιο πάνω κύκλωμα.
2. Ρυθμίστε σύμφωνα με το Datasheet του κατασκευαστεί την $u_{10} = u_{16} - 2V$
3. Μετρήστε με το βολτόμετρο την περιοχή μεταβολής της τάσης ελέγχου ($u_{11} = u_R$).
4. Συνδέστε τον παλμογράφο ως εξής:
 - a. CH₁: στην τάση u_{10} (χρόνος 2ms/Div)
 - b. CH₂: στην τάση u_{11} (χρόνος 2ms/Div)
5. Κατόπιν μετρήστε την κλίση (γωνία) της πριονωτής τάσης u_{10} .
6. Με την βοήθεια του ποτενσιόμετρου R_9 ρυθμίστε την πριονωτή τάση στην τιμή $u_{10max} = 6V$. Παράλληλα με την βοήθεια του παλμογράφου εξετάστε εάν μεταβαλλώντας την τάση ελέγχου ($u_{11} = u_R$), από την ελάχιστη μέχρι την μέγιστη τιμή έχουμε πάντα σημεία τομής με την πριονωτή τάση (u_{10}). Στην αντίθετη περίπτωση ρυθμίστε την τάση u_{10} με το ποτενσιόμετρο R_9 .
7. Σχεδιάστε τους παλμούς έναυσης (u_{12}), την τάση ελέγχου (u_{11}) και την πριονωτή τάση (u_{10}) για διάφορες γωνίες έναυσης: $\alpha = 30^\circ, 60^\circ, 120^\circ$ & 150° .
8. Σχεδιάστε σε ένα ορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων την σχέση $u_R = f(\alpha)$.

9. Αντικαταστήστε τον πυκνωτή $C_{12}=1nF$, $10nF$, γη και χωρίς σύνδεση και σχεδιάστε τους αντίστοιχους παλμούς (u_{12}), και σχολιάστε τις διαφορές.
10. Με την βοήθεια του ποτενσιόμετρου R_6 (μεταβάλλοντας το) μετρήστε για ποια τιμή της τάσης u_6 μηδενίζονται οι παλμοί (u_{14} , u_{15}).

Άσκηση 2: Χρήση του παλμογράφου στα κυκλώματα των Ηλεκτρονικών Ισχύος (1 εβδομάδα)

Άσκηση 3: Λήψη των χαρακτηριστικών ενός Thyristor (2 εβδομάδες)

3.1) Κατασκευή του παρακάτω κυκλώματος:



3.2) Σύνδεση του παλμογράφου

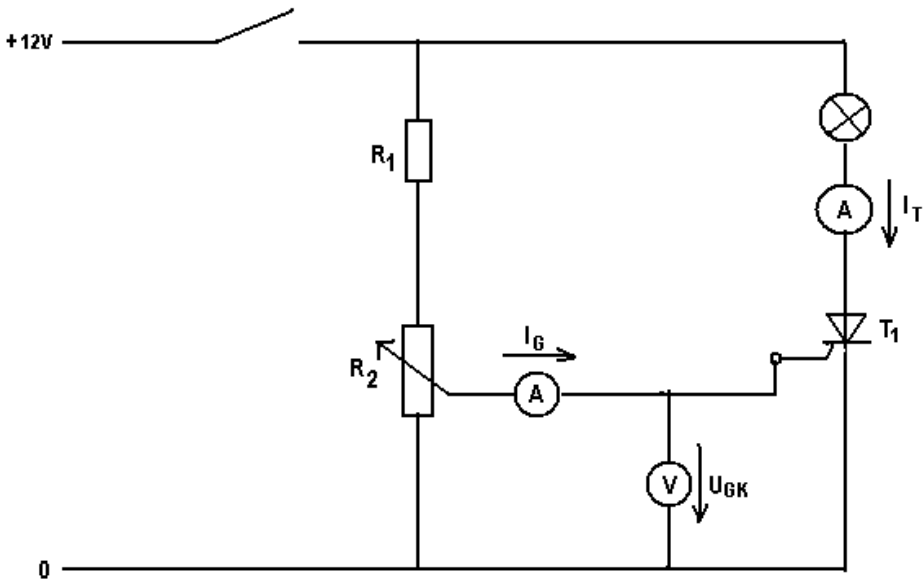
3.3) Σχεδίαση της στατικής χαρακτηριστικής του Thyristor $I_t = f(u)$

3.4) Σχεδίαση της χαρακτηριστικής $u_{AK} = f(u_G)$.

Σχολιάστε τη σχέση μεταξύ της τάσης έναυσης (u_G) και της τάσης ανόδου /καθόδου του Thyristor.

Σχολιάστε το ρόλο της διόδου D_1 .

Άσκηση 4: Το Thyristor σε κύκλωμα συνεχούς ρεύματος – συμπεριφορά.
(2 εβδομάδες)



4.1) Πειραματική εύρεση του ρεύματος και της τάσης έναυσης.

4.2) Σχεδίαση της χαρακτηριστικής $I_T = f(I_{GT})$.

I_T = ρεύμα Thyristor I_{GT} = ρεύμα πύλης

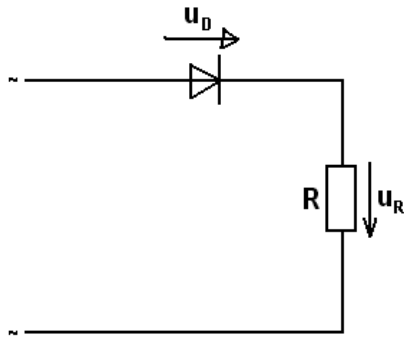
4.3) Πειραματική εύρεση του ρεύματος συγκράτησης.

Άσκηση 5: Ημιανόρθωση

5.1. Μη ελεγχόμενη ημιανόρθωση

(2 εβδομάδες)

α) Κατασκευή του παρακάτω κυκλώματος μη ελεγχόμενης ημιανόρθωσης:



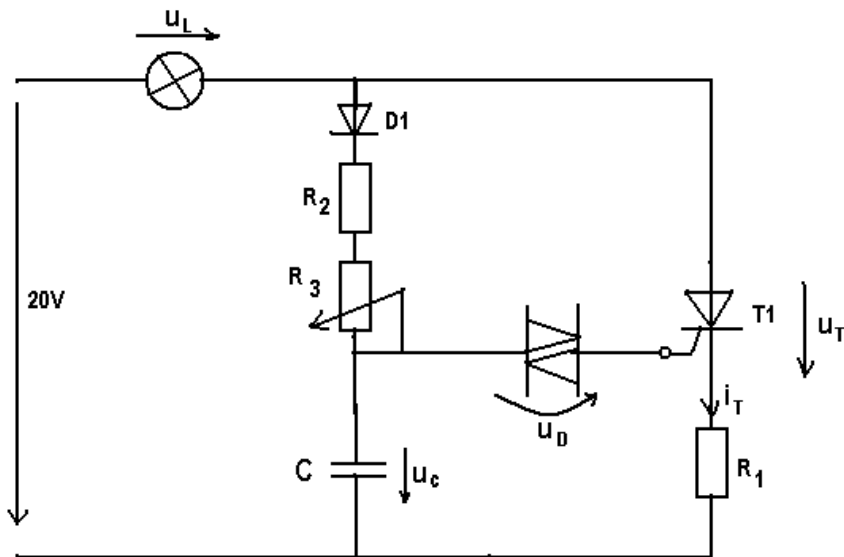
β) Σχεδίαση των τάσεων u_D , u_R και του ρεύματος I_T .

γ) Σχεδίαση της στατικής χαρακτηριστικής της διόδου.

δ) Υπολογισμός της μέσης τιμής της τάσης U_R και του ρεύματος I_R .

5.2. Κύλωμα ελεγχόμενης ημιάνορθωσης με ωμικό φορτίο.

(2 εβδομάδες)



α) Κατασκευάζουμε το παραπάνω κύκλωμα.

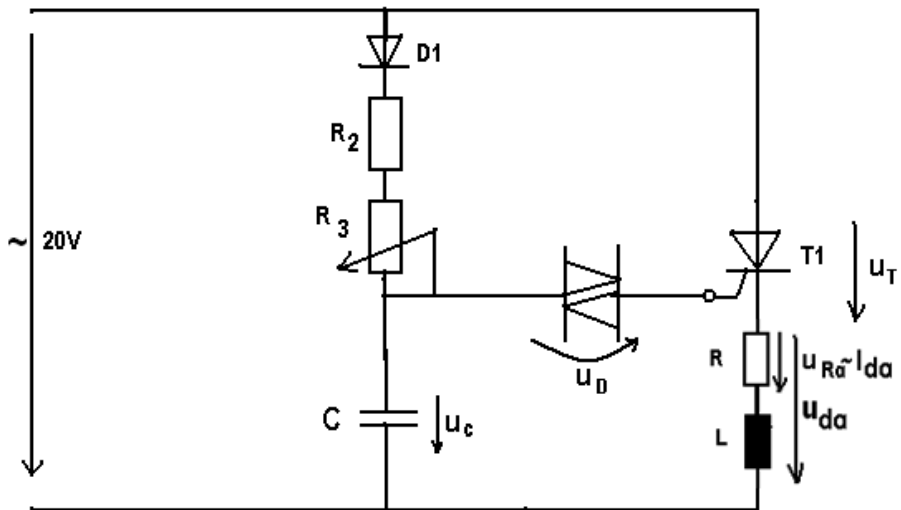
β) Σχεδιάζουμε τη γραφική παράσταση $U_{gk} = f(\alpha)$.

γ) Σχεδιάζουμε τη γραφική παράσταση $u_L = f(\alpha)$.

δ) Σχεδιάζουμε τη γραφική παράσταση $u_T = f(\alpha)$.

Άσκηση 6: Κύκλωμα ελεγχόμενης ημιανόρθωσης με ωμικό-επαγωγικό (RL) φορτίο.

(2 εβδομάδες)



α) Σχεδιάζουμε τη γραφική παράσταση $u_{d\alpha} = f(\alpha)$.

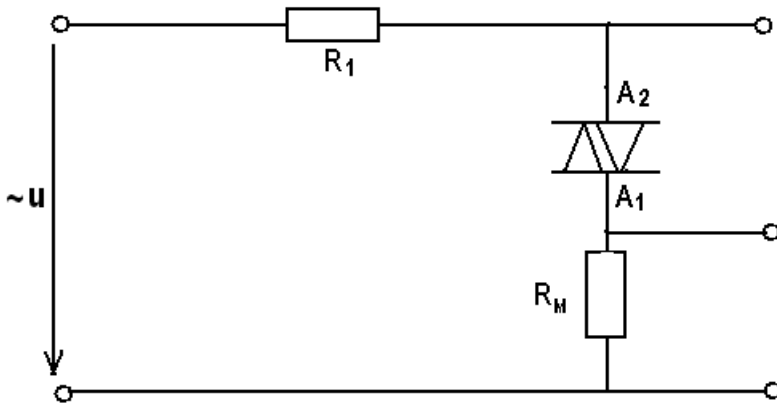
β) Σχεδιάζουμε τη γραφική παράσταση $u_T = f(\alpha)$.

γ) Σχεδιάζουμε τις γραφικές παραστάσεις u_c και u_d για διάφορες γωνίες έναυσης.

Άσκηση 7: Λειτουργία Diac

(1 εβδομάδα)

α) Στατική χαρακτηριστική Diac.



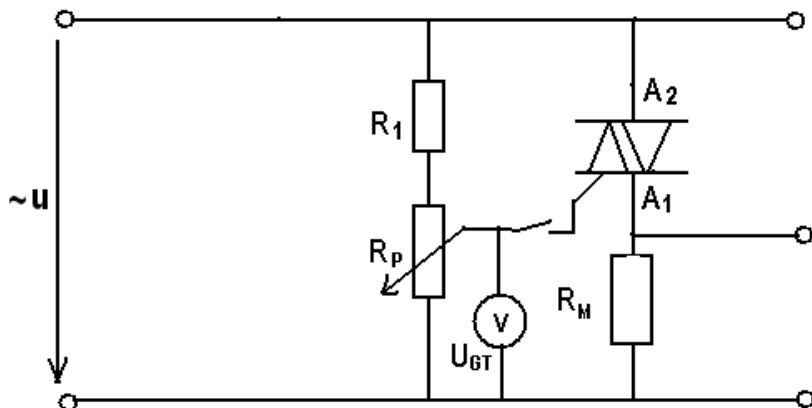
β) Πειραματική εξακρίβωση της κρίσιμης τάσης αρνητικής αποκοπής U_{Br} .

γ) Υπολογισμός των απωλειών ισχύος του Diac.

Άσκηση 8: Triac

(1 εβδομάδα)

α) Πειραματική εξακρίβωση της στατικής χαρακτηριστικής $U_{12} = f(i)$.

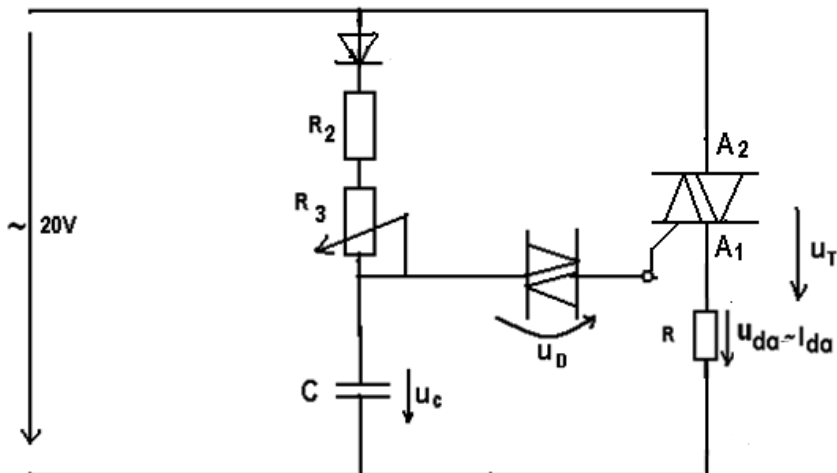


β) Πειραματική εξακρίβωση της χαρακτηριστικής $U_{12} = f(U_{gt})$

γ) Διαφορές μεταξύ Thyristor και Diac.

Άσκηση 9: Λειτουργία Triac με ωμικό φορτίο

(1 εβδομάδα)

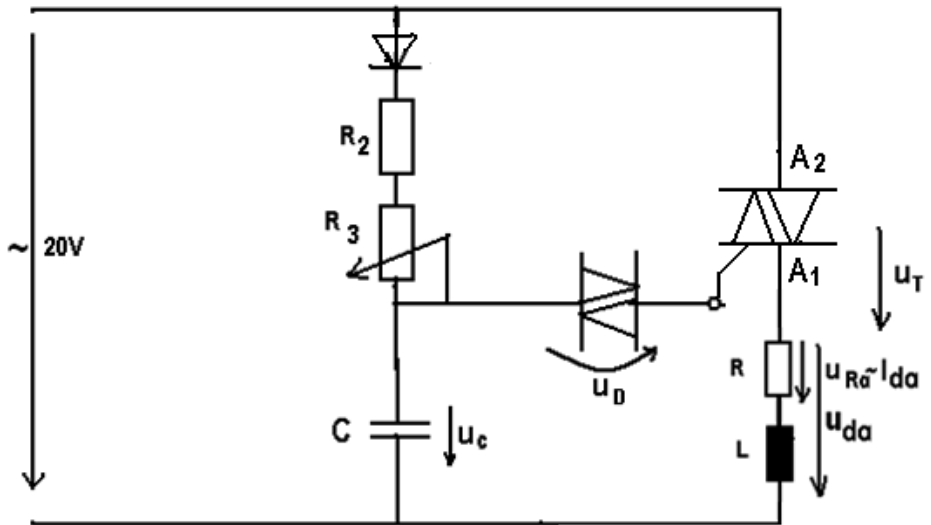


Σχεδιάστε τις τάσεις $u(\omega t) = f(\alpha)$ και $u_{12} = f(\alpha)$ για διάφορες γωνίες έναυσης.

Άσκηση 10: Λειτουργία Τριάς με ωμικό-επαγωγικό (RL) φορτίο

(2 εβδομάδες)

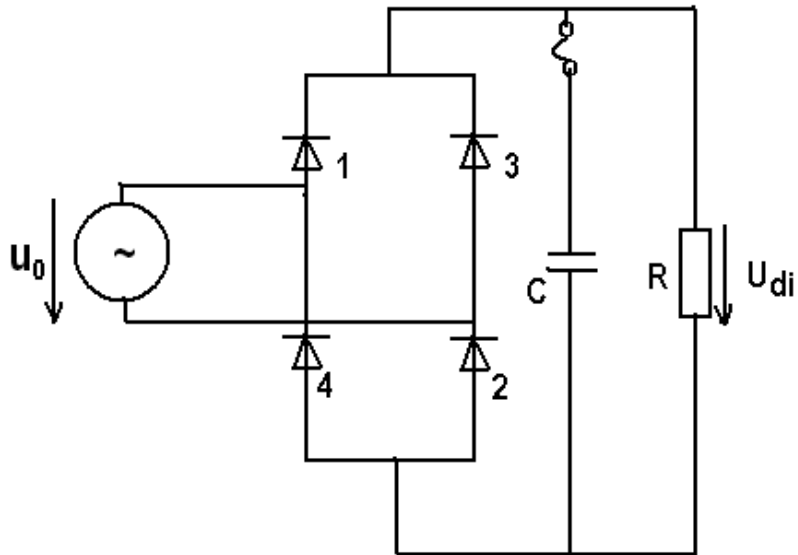
α) Κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα:



β) Σχεδιάστε τις κυματομορφές u_{da} , u_T , u_c , U_d .

Άσκηση 11: Μη ελεγχόμενη Γέφυρα-B2, πλήρους ανόρθωσης (2 εβδομάδες)

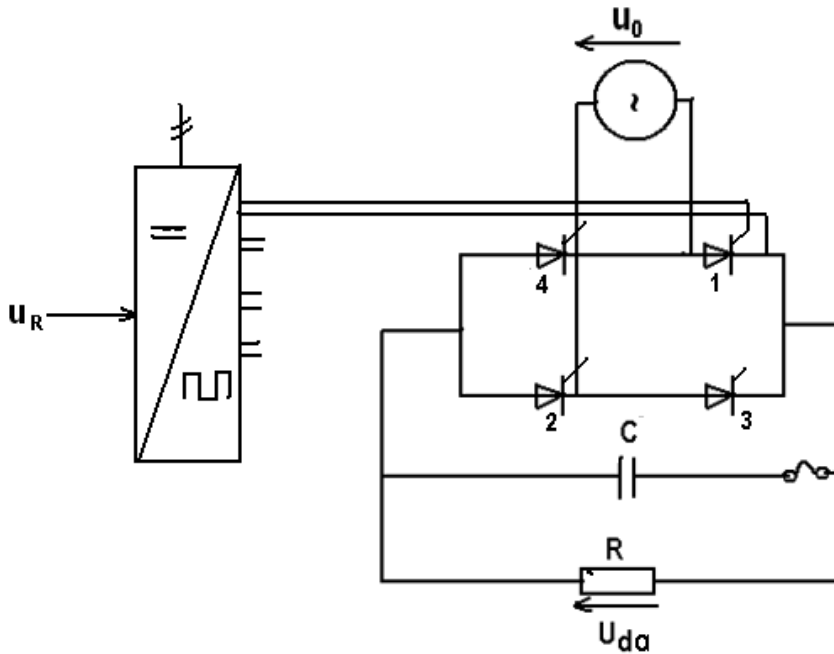
α) Κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα:



- β) Σχεδιάστε την κυματομορφή u_{di} χωρίς πυκνωτή και υπολογίστε (και μετρήστε) τη μέση τιμή της τάσης u_{di} .
- γ) Σχεδιάστε την κυματομορφή u_{di} με πυκνωτή και μετρήστε τη μέση τιμή της τάσης u_{di} .

Άσκηση 12: Ελεγχόμενη Γέφυρα Β2 - Μονοφασικός ανορθωτής πλήρους ανόρθωσης (2 εβδομάδες)

α) Κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα:

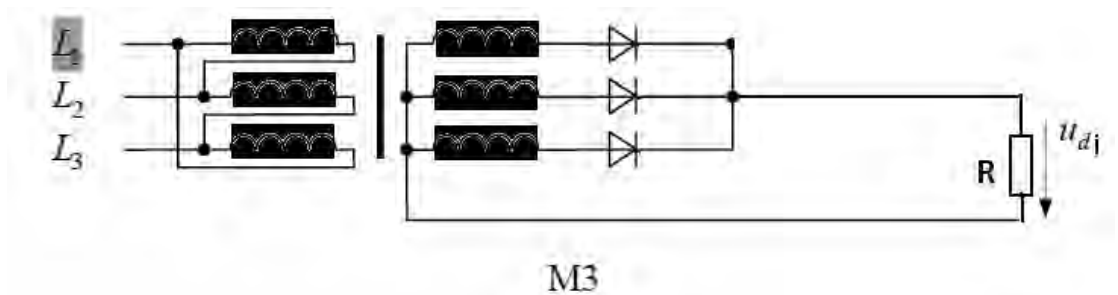


- β) Για διάφορες τάσεις ελέγχου u_R , σχεδιάστε τις κυματομορφές $u_{da} = f(\alpha)$ με τους αντίστοιχους παλμούς έναυσης (χωρίς πυκνωτή).
- γ) Υπολογίστε τη μέση τιμή της u_{da} .
- δ) Σχεδιάστε τις αντίστοιχες τάσεις των διόδων.

Άσκηση 13: Μη ελεγχόμενος τριφασικός ανόρθωτής τριών παλμών (M3)

(1 εβδομάδα)

α) Κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα:

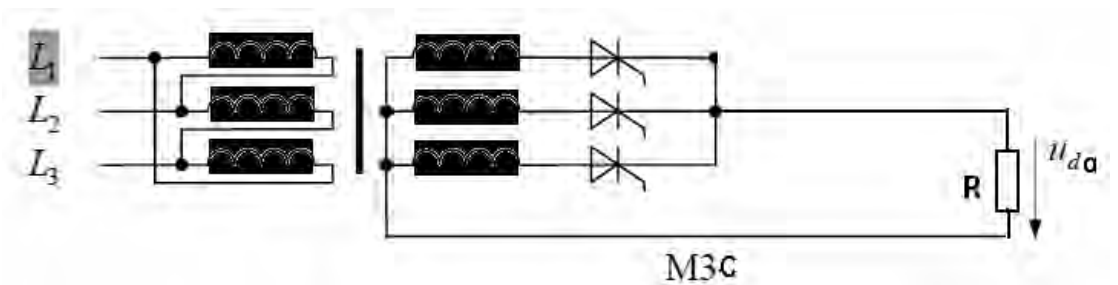


β) Σχεδιάστε τη κυματομορφή u_{di} και υπολογίστε τη μέση τιμή.

Άσκηση 14: Ελεγχόμενος τριφασικός ανόρθωτής τριών παλμών (M3C)

(3 εβδομάδες)

α) Κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα:



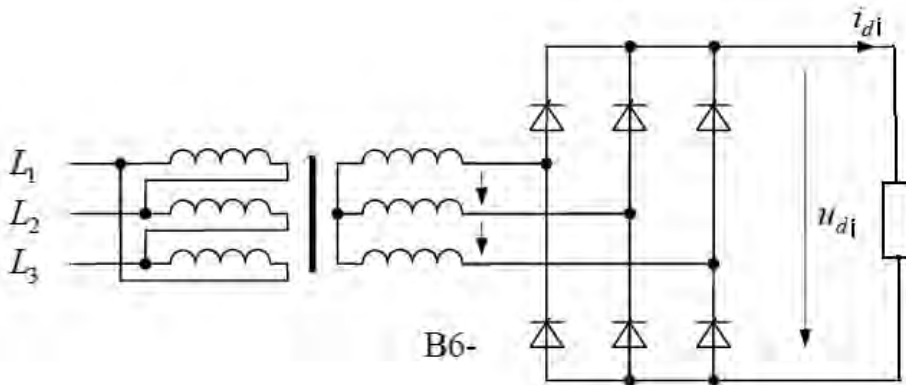
β) Σχεδιάστε τις κυματομορφές u_{da} για διάφορες γωνίες έναυσης με τους αντίστοιχους παλμούς έναυσης.

γ) Υπολογίστε τη μέση τιμή της u_{da} .

Άσκηση 15: Τριφασική Γέφυρα 6-παλμών(B6)

(4 εβδομάδες)

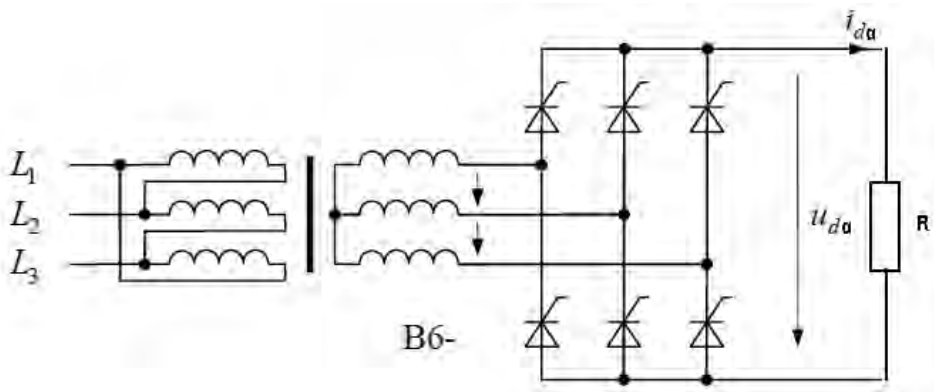
15.1. Μη ελεγχόμενη Τριφασική Γέφυρα 6-παλμών (B6)



- Σχεδιάστε τις κυματομορφές της τάσης U_{dI} με και χωρίς πυκνωτή.
- Υπολογίστε τη μέση τιμή της τάσης και του ρεύματος.

15.2. Ελεγχόμενη Τριφασική Γέφυρα 6-παλμών (B6C)

- Κατασκευάστε το παρακάτω κύκλωμα:



- Σχεδιάστε τις κυματομορφές της τάσης $U_{dα}$ για διάφορες γωνίες έναυσης (α).
- Υπολογίστε τη μέση τιμή της τάσης και του ρεύματος.

Βάσει του ν. 3966/2011 τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, των ΕΠΑ.Λ. και των ΕΠΑ.Σ. τυπώνονται από το ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν στη δεξιά κάτω γωνία του εμπροσθόφυλλου ένδειξη «ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ ΜΕ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ». Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει την παραπάνω ένδειξη θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946, 108, Α').

Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Υπουργείου Παιδείας και Θρησκευμάτων / ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.