

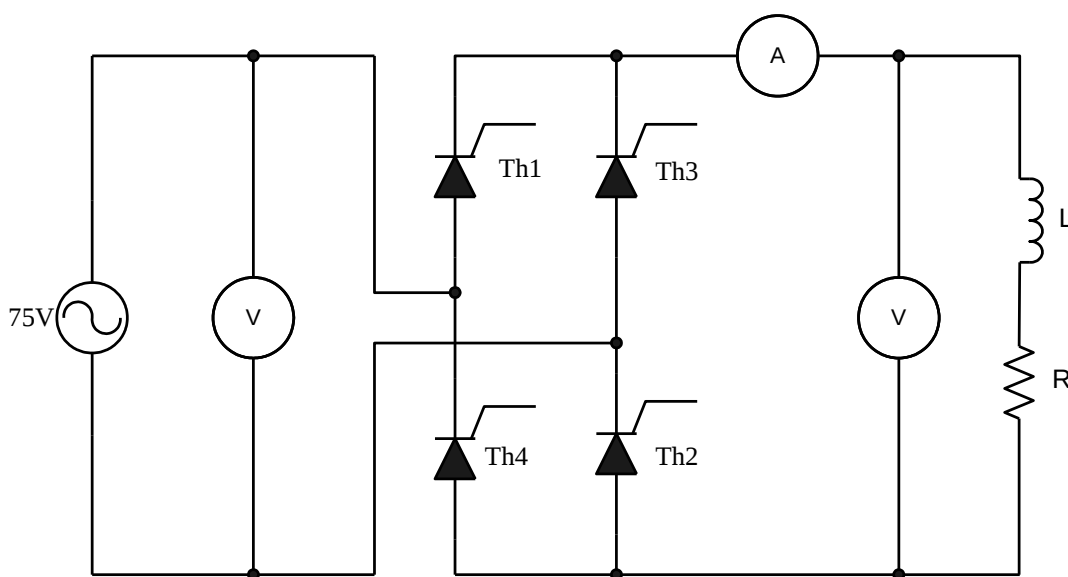
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΙΣΧΥΟΣ

ΑΣΚΗΣΗ 4^η

ΠΛΗΡΩΣ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΗ ΓΕΦΥΡΑ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΘΥΡΙΣΤΟΡ

1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Η πλήρως ελεγχόμενη μονοφασική γέφυρα (Σχ. 1), αποτελεί την πληρέστερη διάταξη μονοφασικής ανόρθωσης.

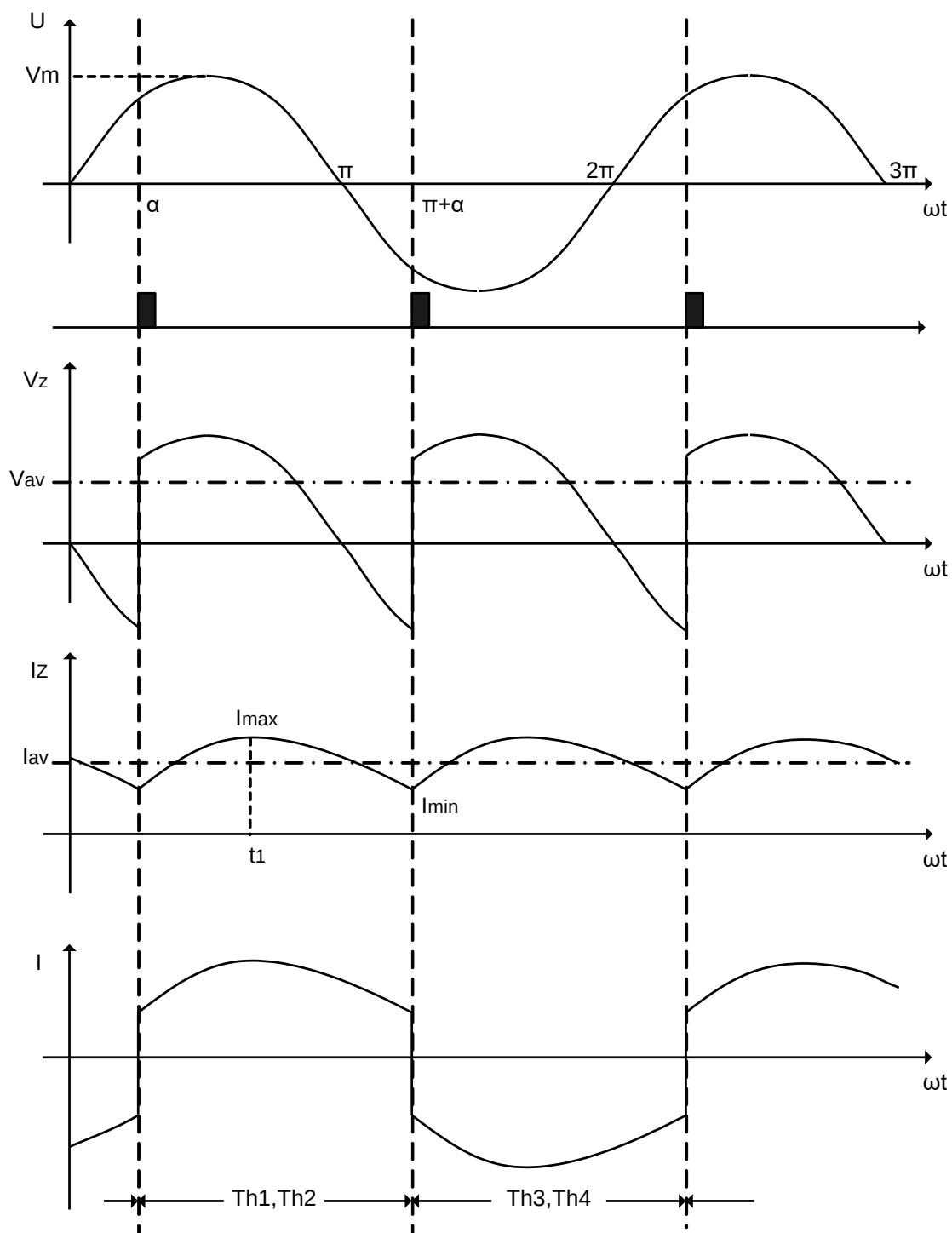


Σχ.1. Πλήρως ελεγχόμενη μονοφασική γέφυρα τεσσάρων θυρίστορ.

Όπως θα δείξουμε στη συνέχεια, η διάταξη αυτή είναι δύο τεταρτημορίων. Δηλαδή με κατάλληλες προϋποθέσεις, εκτός από λειτουργία ανορθωτή (ροή ισχύος από το δίκτυο προς το φορτίο), μπορούμε να έχουμε και λειτουργία αντιστροφέα (δίνοντας πλέον από την πλευρά του Σ.Ρ., ισχύ στο δίκτυο του Ε.Ρ.).

Για λειτουργία ανορθωτή και όταν το φορτίο έχει επαγωγικό χαρακτήρα, συνίσταται η τοποθέτηση μιας διόδου παράλληλα στην αυτεπαγωγή. Η διάταξη αυτή είναι γνωστή σαν διάδος «ελευθέρως ροής», και χρησιμεύει για την εκφόρτιση της μαγνητικής ενέργειας του πηνίου.

Στο Σχ.2, δείχνονται οι κυματομορφές τάσεων – εντάσεων των διαφόρων συνιστωσών του κυκλώματος, για τυχαία γωνία έναυσης «α».



Σχ.2 : Κυματομορφές τάσεων-εντάσεων των διαφόρων συνιστωσών του κυκλώματος.

Στις ανωτέρω κυματομορφές, υποτίθεται ότι η αυτεπαγωγή του φορτίου έχει την απαιτούμενη τιμή, έτσι ώστε να μας εξασφαλίζει συνεχή αγωγή, με αποτέλεσμα η τάση στο φορτίο να παίρνει και αρνητικές τιμές.

Σε κάθε χρονική στιγμή ισχύουν οι σχέσεις :

$$V_Z = V_R(t) + V_L(t) \quad (4.1)$$

$$I_Z(t) = \frac{V_R(t)}{R} \quad (4.2)$$

Σύμφωνα με το Σχ.2, διακρίνουμε τις εξής περιοχές λειτουργίας:

1) Στο διάστημα, $\alpha \leq \omega t \leq \pi$, και οι τρεις τάσεις (V_Z , V_R , V_L) είναι θετικές (το ρεύμα είναι πάντα θετικό καθώς το θυρίστορ είναι μονόπορο στοιχείο), με αποτέλεσμα το δίκτυο να δίνει ενέργεια και στην αντίσταση και στην αυτεπαγωγή. Η μαγνητική ενέργεια της αυτεπαγωγής όμως δεν καταναλίσκεται (άεργη ισχύς) και ούτε μπορεί να χαθεί λόγω της αρχής διατήρησης της ενέργειας, με αποτέλεσμα την παράταση του διαστήματος αγωγής πέρα των 180° (όπου η τάση του δικτύου τείνει να πολώσει ανάστροφα τα άγοντα θυρίστορ), μέχρι την πλήρη εκφόρτιση του πηνίου.

Το διάστημα φόρτισης της αυτεπαγωγής, ευρίσκεται εύκολα από τη σχέση τάσεως – ρεύματος στα άκρα της :

$$V_L = L \frac{dI_Z}{dt} \quad (4.3)$$

Πράγματι, σύμφωνα με την σχέση (4.3) και το Σχ.2, στο διάστημα $\alpha \leq \omega t \leq t_1$, το dI_Z/dt είναι θετικό, με αποτέλεσμα τη φόρτιση της αυτεπαγωγής καθότι :

$$V_L(t), I_Z(t) > 0$$

επομένως στο διάστημα αυτό $\alpha \leq \omega t \leq t_1$, το δίκτυο δίνει ενέργεια και στην αντίσταση και στην αυτεπαγωγή. Δηλαδή :

$$P_{in}(t) = P_R(t) + P_L(t) \quad (4.4)$$

2) Στο διάστημα, $t_1 \leq \omega t \leq \pi$, έχουμε :

$$\frac{dI_Z}{dt} < 0 \quad V_L < 0$$

$$\text{και } V_R > 0, V_Z > 0$$

Οπότε στο διάστημα αυτό, η αντίσταση τροφοδοτείται και από το δίκτυο αλλά και από την αυτεπαγωγή. Επομένως :

$$P_{in}(t) + P_L(t) = P_R(t)$$

3) Τέλος στο διάστημα, $\pi \leq \omega t \leq \pi + \alpha$, η τάση του δικτύου γίνεται αρνητική, η τάση στα άκρα της αυτεπαγωγής εξακολουθεί να είναι αρνητική, με αποτέλεσμα στο παραπάνω διάστημα η αυτεπαγωγή να δίνει ενέργεια και στο δίκτυο και στην αντίσταση. Άρα :

$$P_L(t) = P_{in}(t) + P_R(t)$$

Στην περίπτωση που η τιμή της αυτεπαγωγής, δεν μας εξασφαλίζει συνεχή αγωγή, το διάστημα αγωγής περιορίζεται στην περιοχή :

$$\alpha \leq \omega t \leq \beta, \text{ όπου } \pi \leq \beta \leq \pi + \alpha$$

όπου : β , η τυχαία γωνία μηδενισμού του ρεύματος.

Στην περίπτωση δε του καθαρά ωμικού φορτίου, το διάστημα αγωγής είναι :

$$\alpha \leq \omega t \leq \pi$$

Είναι προφανές ότι στην περίπτωση αυτή, οι κυματομορφές της τάσης και του ρεύματος στο φορτίο έχουν ανάλογη μορφή.

Για τη μέση τιμή της τάσης στο φορτίο, ανάλογα με το είδος της αγωγής, διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις :

A. Συνεχής αγωγή (φορτίο R,L)

$$V_{av} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} V_m \sin \omega t d\omega t = \frac{2V_m}{\pi} \cos \alpha \quad (4.5)$$

$$V_{L,rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} V_L^2(\omega t) d(\omega t)} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} V_m^2 \sin^2(\omega t) d(\omega t)} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

B. Ασυνεχής αγωγή (φορτίο R,L)

$$V_{av} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\beta} V_m \sin \omega t d\omega t = \frac{V_m}{\pi} (\cos \alpha - \cos \beta) \quad (4.6)$$

$$V_{L,rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{\alpha}^{\beta} V_L^2(\omega t) d(\omega t)} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\beta} V_m^2 \sin^2(\omega t) d(\omega t)} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{1}{\pi} \left[(\beta - \alpha) + \frac{1}{2} (\sin 2\alpha - \sin 2\beta) \right]}$$

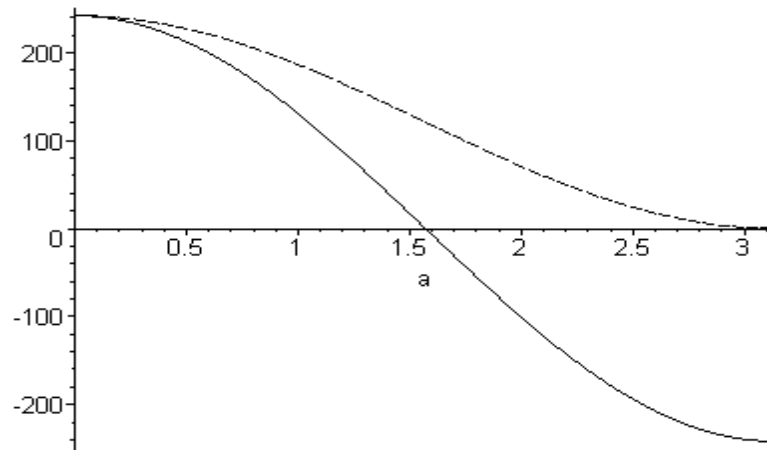
όπου, $\pi \leq \beta \leq \pi + \alpha$

Γ. Ασυνεχής αγωγή (ωμικό φορτίο)

Από την προηγούμενη σχέση, αν θέσουμε $\beta = \pi$, προκύπτει :

$$V_{av} = \frac{V_m}{\pi} (1 + \cos \alpha) \quad (4.7)$$

Η γραφική παράσταση της $V_{av} = f(\alpha)$, δείχνεται στο Σχ.3



Σχ.3. Γραφική παράσταση της $V_{AV}=f(\alpha)$ για ωμικό φορτίο (διακεκομμένη) και για ωμικό-επαγωγικό (συνεχής).

Είναι σημαντικό να διευκρινίσουμε, ότι και στην ακραία περίπτωση όπου η αυτεπαγωγή του φορτίου είναι αρκετά μεγάλη ($L \rightarrow \infty$), η συνεχής αγωγή περιορίζεται για μεταβολές της γωνίας εναύσεως στο διάστημα $0 \leq \alpha \leq \pi/2$. Σε αντίθετη περίπτωση σύμφωνα με τη σχέση (4.5), η μέση τιμή της τάσης θα ήταν αρνητική, που σημαίνει μόνιμη παραγωγή ενέργειας της αυτεπαγωγής από το δίκτυο, πράγμα άτοπο.

Σε περίπτωση όμως σύνδεσης ενεργητικού φορτίου από την πλευρά του συνεχούς (πηγή DC τάσεως ή μηχανή DC), μπορούμε να επεκτείνουμε τη γωνία έναυσης στην περιοχή, $\pi/2 \leq \alpha \leq \pi$, και να έχουμε λειτουργία αντιστροφέα (αλλαγή τεταρτημορίου) δίνοντας ισχύ στο δίκτυο Ε.Ρ. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται αρκετά για την αναγεννητική πέδηση των κινητήρων Σ.Ρ.

Στην περίπτωση ωμικού φορτίου, η γωνία «α», σύμφωνα με το Σχ.3, μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή στο διάστημα, $0 \leq \alpha \leq \pi$. Η μέση τιμή της τάσεως στην περίπτωση ωμικής φόρτισης, έχει τη μέγιστη δυνατή τιμή.

2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1 ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1. Πραγματοποιήστε τη συνδεσμολογία της πλήρως ελεγχόμενης ανορθωτικής γέφυρας τεσσάρων θυρίστωρ (Σχ.1.)
2. Εφαρμόστε τάση εισόδου 75V (rms) και συνδέστε σύνθετο φορτίο (R,L σε σειρά), όπου $R=47\Omega$ και L ένα δευτερεύον τύλιγμα του μετασχηματιστή.
3. Παρατηρήστε και αποτυπώστε τις κυματομορφές τάσης και ρεύματος στο φορτίο για γωνία $\alpha=\pi/2$ και προσδιορίστε τη γωνία ασυνεχούς ροής (μηδενισμού) ρεύματος «β».
4. Για 10 διαφορετικές τιμές της γωνίας έναυσης α καταγράψτε τις ενδείξεις της τάσης $V_{L,DC}$ και $V_{L,AC}$ στο φορτίο (μέσες και ενεργές τιμές).
5. Μετατρέψτε την πλήρως ελεγχόμενη γέφυρα σε ημιελεγχόμενη με την προσθήκη διόδου ελεύθερης ροής. Για γωνία έναυσης $\alpha=\pi/2$, αποτυπώστε τις κυματομορφές τάσης και ρεύματος στο φορτίο και καταγράψτε τις ενδείξεις της τάσης $V_{L,DC}$ και $V_{L,AC}$.
6. Παρατηρήστε και σχολιάστε τις διαφορές στα αποτελέσματα ανάμεσα στην ημιελεγχόμενη και την πλήρως ελεγχόμενη γέφυρα
7. Υπολογίστε τις αντίστοιχες συνολικές ενεργές τιμές V_{rms} των μετρήσεων τάσης $V_{L,DC}$ και $V_{L,AC}$ εφαρμόζοντας τη σχέση:
$$V_{rms} = \sqrt{(V_{L,DC})^2 + (V_{L,AC})^2}$$
8. Υπολογίστε τις αντίστοιχες θεωρητικές τιμές της μέσης και της ενεργού τάσης στο φορτίο $V_{L,av}$ και $V_{L,rms}$.
9. Υπολογίστε την κυμάτωση της τάσης του φορτίου με βάση τις θεωρητικές τιμές και τη σχέση ($r_{\theta\epsilon\omega\rho} = \sqrt{\left(\frac{V_{L,rms}}{V_{L,av}}\right)^2 - 1} \times 100\%$), καθώς και με βάση τις τιμές των μετρήσεων και τη σχέση ($r_{\mu\epsilon\tau\rho} = \frac{V_{L,AC}}{V_{L,DC}} \times 100\%$).
10. Να σχεδιαστούν σε κοινούς άξονες οι εξής κυματομορφές:
 - α. $V_{L,av}=f(\alpha)$ και $V_{L,DC}=f(\alpha)$
 - β. $V_{L,rms}=f(\alpha)$ και $V_{rms}=f(\alpha)$
 - γ. $r_{\theta\epsilon\omega\rho} = f(\alpha)$ και $r_{\mu\epsilon\tau\rho} = f(\alpha)$

ΑΣΚΗΣΗ 4^η

ΠΛΗΡΩΣ ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗ ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΗ ΓΕΦΥΡΑ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΘΥΡΙΣΤΩΡ

Όνομ/μο:

Ομάδα:

Ημερομηνία παράδοσης:

2.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι							
Μετρήσεις			Υπολογισμοί				
α°	$V_{L,DC}$	$V_{L,AC}$	V_{rms}	$V_{L,av}$	$V_{L,rms}$	$r(\theta_{\omega\rho})$	$r(\mu\epsilon\tau\rho)$