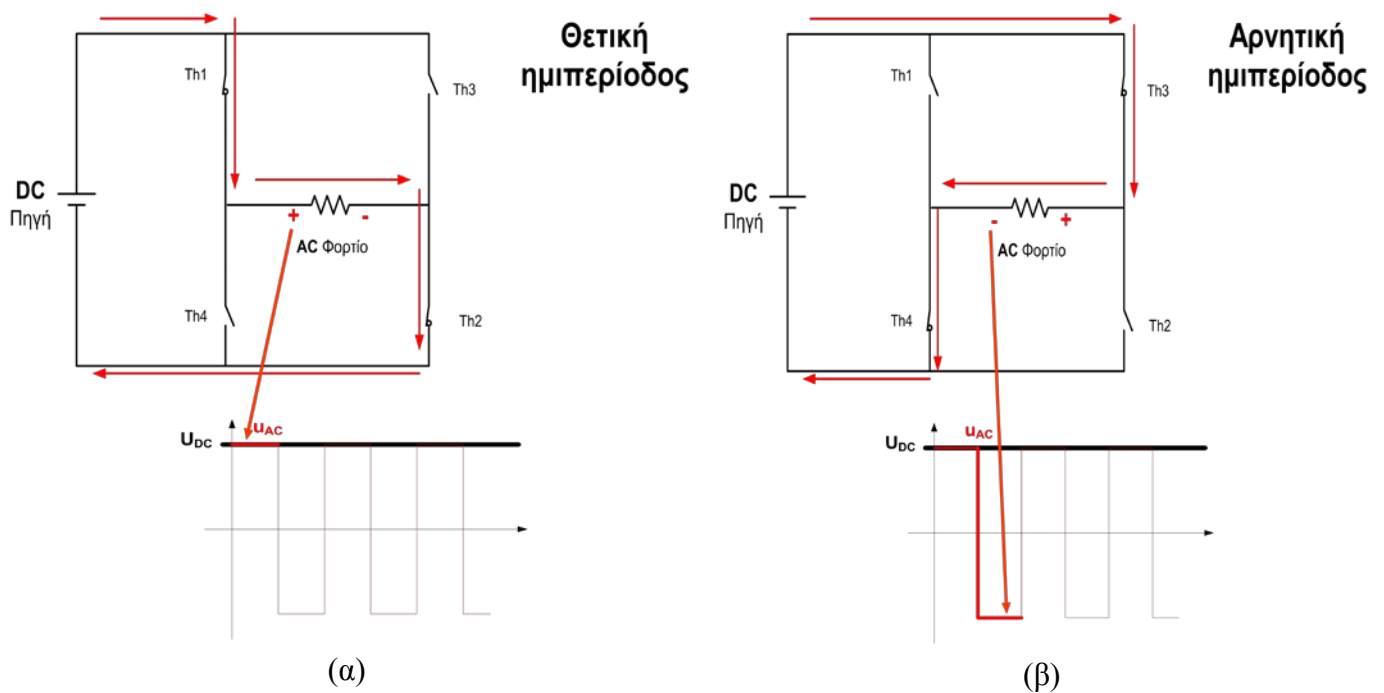


**Άσκηση 5: Μονοφασικός Μετατροπέας DC/AC
(Μονοφασικός Αντιστροφέας)**

Εισαγωγή

Ο Ηλεκτρονικός Μετατροπέας Ισχύος ο οποίος μετατρέπει την συνεχή τάση σε εναλλασσόμενη ονομάζεται Ηλεκτρονικός Αντιστροφέας Ισχύος. Τέτοιοι μετατροπείς χρησιμοποιούνται σε πλήθος εφαρμογών όπως: στα ηλεκτροκίνητα μέσα μεταφοράς, στη βιομηχανία (κυρίως για τον έλεγχο στροφών ασύγχρονων κινητήρων βραχυκυκλωμένου δρομέα), στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (στην τροφοδοσία AC φορτίων αλλά και στη διασύνδεση τους με το δίκτυο), αλλά και σε οικιακές εφαρμογές (όπως τα κλιματιστικά). Στην είσοδό τους τροφοδοτούνται, είτε απευθείας από μία πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος, είτε από κάποια ανορθωτική διάταξη. Οι αντιστροφείς συνήθως είναι τριφασικοί ή μονοφασικοί. Υπάρχουν πολλά είδη αντιστροφέων που διαφέρουν ανάλογα με την τοπολογία τους. Εμείς θα εξετάσουμε τρία είδη αντιστροφέα: α) με θυρίστορ και εξαναγκασμένη οδήγηση, β) με θυρίστορ και οδήγηση φορτίου και γ) με IGBT και έλεγχο του λόγου κατάτμησης και της συχνότητας (έλεγχο V/f).

Η αρχή λειτουργίας του μονοφασικού αντιστροφέα παρουσιάζεται παρακάτω. Αρχικά άγουν οι διακόπτες Th1 και Th2 και εφαρμόζεται η τάση της πηγής στο φορτίο εφαρμόζοντας θετική τάση στο φορτίο (σχ. 5.1α).



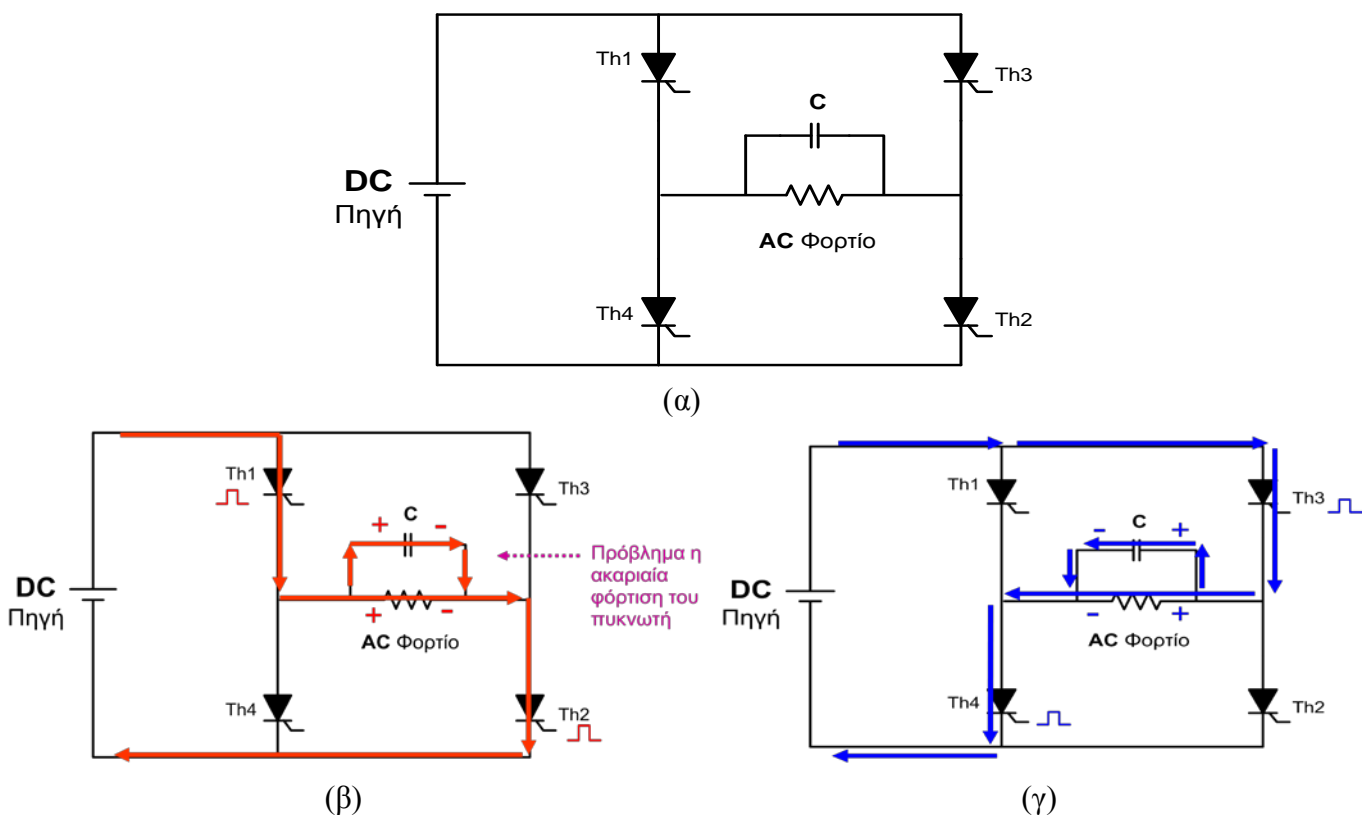
Σχήμα 5.1: Αποτύπωση της λειτουργίας ενός μονοφασικού αντιστροφέα

Ύστερα σβήνουν τα δύο πρώτα στοιχεία και ανάβουν τα άλλα δύο (Th3 και Th4) εφαρμόζοντας ανάστροφη τάση στο φορτίο (σχ. 5.1β). Αν αυτό πραγματοποιηθεί περιοδικά, τότε λαμβάνουμε μία AC τάση τετραγωνικής μορφής. Αν οι διακόπτες αντικατασταθούν από θυρίστορ τότε, σε κάθε περίοδο πρέπει να αναζητηθεί τρόπος να σβήνουν. Στη μία περίπτωση (αντιστροφέας με εξαναγκασμένη οδήγηση) οι διακόπτες εξαναγκάζονται να σβήσουν από μία επιπλέον τάση (όπως στην άσκηση 3^α), ενώ στην άλλη οι διακόπτες σβήνουν λόγω του μηδενισμού του ρεύματος του φορτίου (αντιστροφέας με οδήγηση φορτίου).

Άσκηση 5α

Μονοφασικός Αντιστροφέας με εξαναγκασμένη οδήγηση

Αν στο σχήμα 5.1 οι διακόπτες αντικατασταθούν από θυρίστορ τότε, παλμοδοτώντας π.χ. τα θυρίστορ Th1 και Th2 εφαρμόζεται στο φορτίο θετική τάση. Όμως, αυτά τα θυρίστορ δεν πρόκειται να σβήσουν ποτέ από μόνα τους. Έτσι, εμείς πρέπει να βρούμε τρόπο να σβήσουν αυτά τα δύο (όπως στην άσκηση 3^α) και ύστερα να τεθούν σε αγωγή τα άλλα δύο. Για το λόγο αυτό τοποθετείται ένας πυκνωτής παράλληλα στο φορτίο (σχ.5.2). Όταν παλμοδοτήσουμε τα θυρίστορ 1 και 2 στο φορτίο εφαρμόζεται θετική τάση και ο πυκνωτής φορτίζεται όπως στο σχήμα 5.2β. Όταν φορτιστεί ο πυκνωτής σταματάει να διαρρέεται από ρεύμα και έτσι μέσα από τα θυρίστορ περνάει το ρεύμα προς το φορτίο και ο πυκνωτής παραμένει φορτισμένος (όπως στο σχήμα 5.2β). Όταν δοθεί παλμός στα θυρίστορ 3 και 4 τότε στα 1 και 2 εφαρμόζεται ανάστροφα η τάση του πυκνωτή. Με τον τρόπο αυτό σβήνουν τα 1 και 2 και τίθενται σε αγωγή τα 3 και 4.



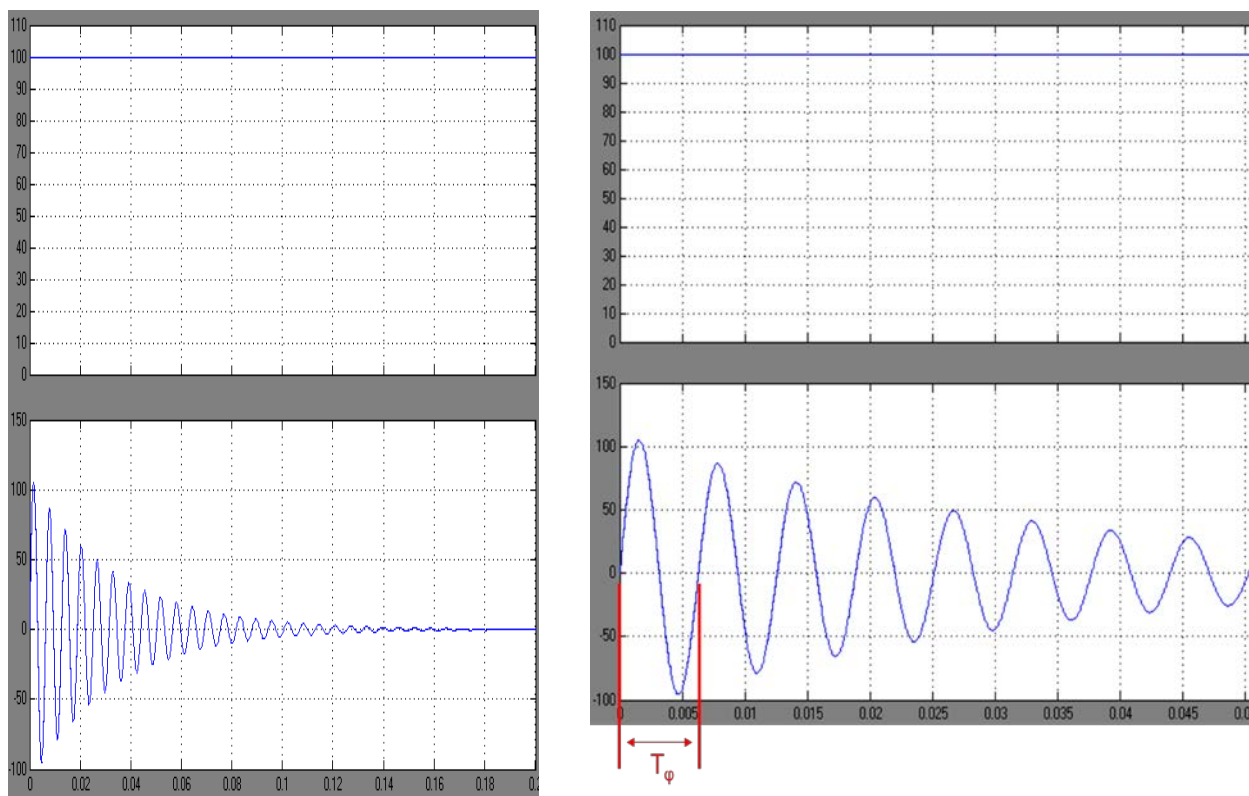
Σχήμα 5.2: Λειτουργία του αντιστροφέα με εξαναγκασμένη οδήγηση. (α) Τοπολογία, (β) θετική τάση φορτίου και (γ) αρνητική τάση φορτίου

Κατά την μετάβαση από το ένα ζεύγος θυρίστορ στο άλλο στιγμιαία πραγματοποιείται βραχυκύκλωμα πηγής. Για να αποφευχθεί αυτό τοποθετούμε επαγωγές στα άκρα των θυρίστορ (σχ. 5.3α). Όταν η τάση και το ρεύμα φορτίου είναι θετικά τότε η ροή τους παρουσιάζεται στο σχήμα 5.3β.

Άσκηση 5β

Μονοφασικός Αντιστροφέας με οδήγηση φορτίου

Όταν σε ένα R-L-C φορτίο εφαρμοστεί μία DC τάση (π.χ. θετική), τότε το ρεύμα θα ταλαντωθεί με κάποια συχνότητα f η οποία εξαρτάται από τις τιμές των R-L-C (αυτό το φορτίο είναι ένας ταλαντωτής). Εφ' όσον υπάρχει και ωμική αντίσταση, η ταλάντωση αυτή θα είναι φθίνουσα (σχ. 5.4). Στο σχήμα 5.4 η περίοδος αυτής της ταλάντωσης συμβολίζεται T_φ και είναι η περίοδος του ρεύματος του R-L-C φορτίου.

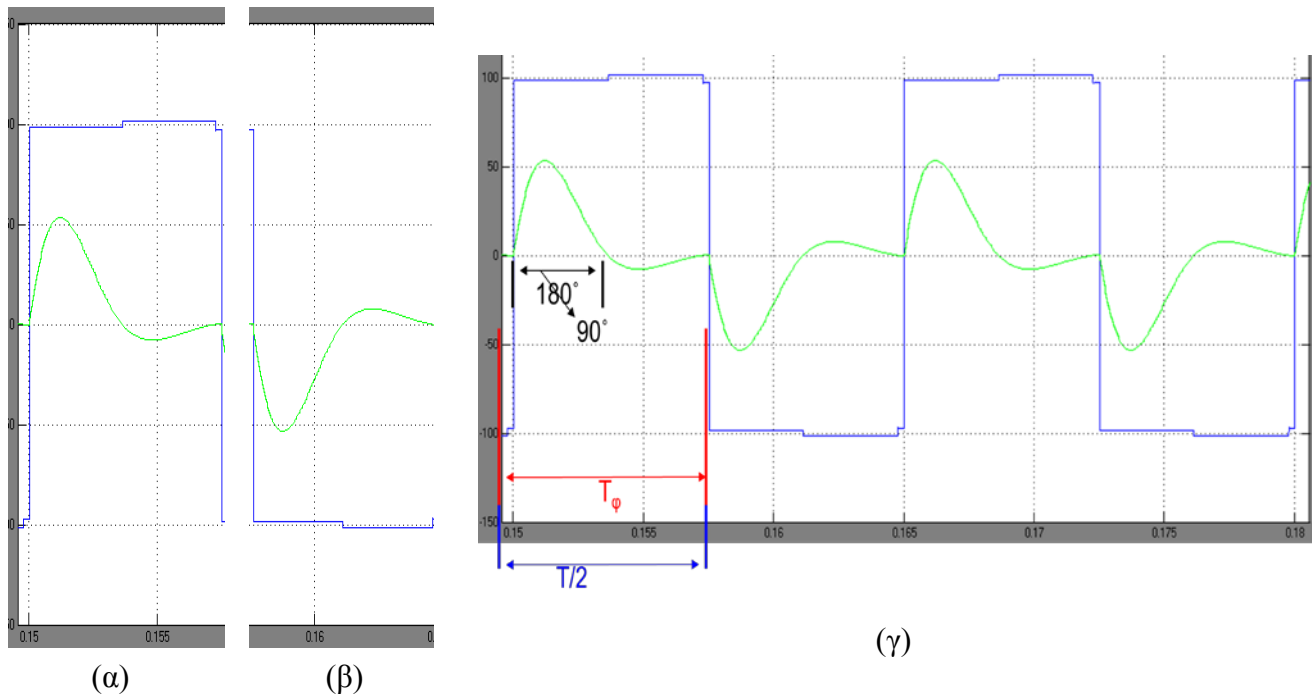


Σχήμα 5.4: R-L-C ταλάντωση

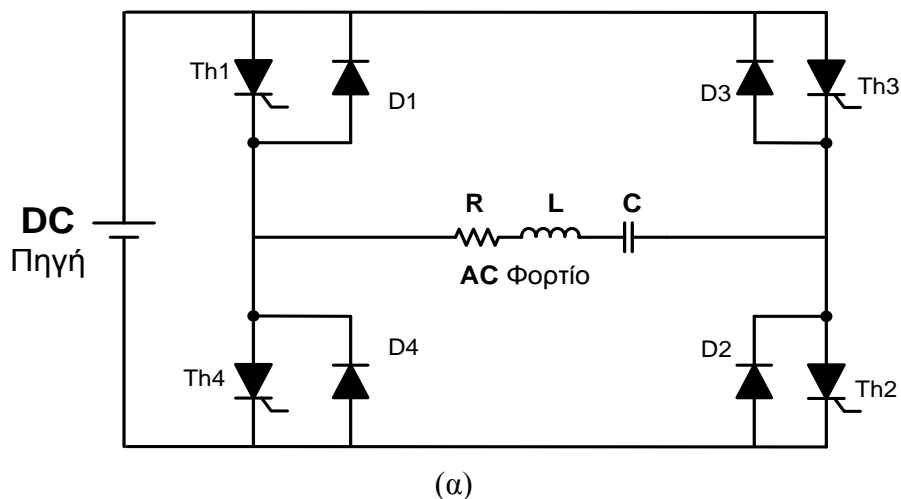
Αν εφαρμοστεί η **τάση της DC πηγής ορθά** τότε όπως δείξαμε θα υπάρξει ταλάντωση του ρεύματος όπως φαίνεται στο σχήμα 5.5α. Αν εφαρμοστεί η **τάση της DC πηγής ανάστροφα** τότε θα υπάρξει ταλάντωση του ρεύματος όπως φαίνεται στο σχήμα 5.5β. Έτσι, στο φορτίο η τάση και το ρεύμα θα έχουν κυματομορφές όπως φαίνεται στο σχήμα 5.5γ.

Στο σχήμα αυτό (Σχ. 5.5γ) εμφανίζονται δύο διαφορετικές και ανεξάρτητες περιόδους. Η πρώτη είναι η περίοδος της τάσης T , **η οποία εξαρτάται αποκλειστικά από τη συχνότητα λειτουργίας των θυρίστρον**, και η περίοδος του ρεύματος (φορτίου) T_φ , **η οποία είναι ΣΤΑΘΕΡΗ για συγκεκριμένο φορτίο και είναι ίδια με την περίοδο του ταλαντωτή**. Ως γωνία « γ » ορίζουμε τη γωνία από το σημείο που έχουμε αρνητικό ρεύμα μέχρι το σημείο όπου εμφανίζεται αρνητική τάση. Ο υπολογισμός της γωνίας αυτής είναι σχετικά πολύπλοκος, για το λόγο αυτό χρησιμοποιούμε το εξής «τρικ». Εφόσον η περίοδος του φορτίου είναι σταθερή, ρυθμίζουμε τη συχνότητα παλμοδότησης των θυρίστρον έτσι ώστε η $T=2 \cdot T_\varphi$. Με αυτόν τον τρόπο οι 180° του ταλαντωτή θα αντιστοιχούν σε 90° της τάσης (Σχ. 5.5γ). Επομένως γνωρίζοντας το time/division του παλμογράφου μπορούμε να καθορίσουμε τη γωνία σε μοίρες για κάθε τετραγωνάκι του παλμογράφου. Στη συνέχεια μετρώντας τα τετραγωνάκια από το σημείο εμφάνισης του αρνητικού

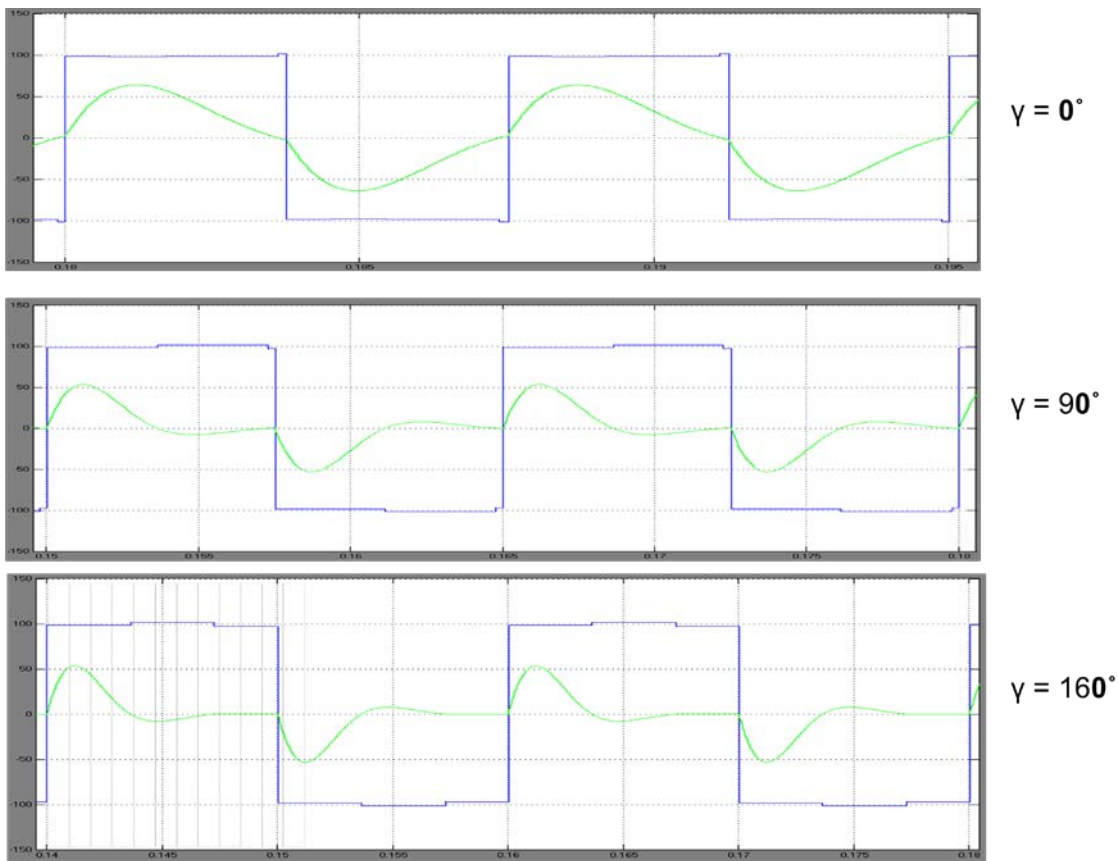
ρεύματος μέχρι την εμφάνιση της αρνητικής τάσης υπολογίζουμε τη γωνία « γ ». Έτσι, στο παράδειγμα του σχήματος 5.5 η γωνία " γ " (όπως ονομάζεται) ισούται με την καθυστέρηση της εφαρμογής του αρνητικού μέρους της τάσης συγκριτικά με την εφαρμογή του αρνητικού μέρους του ρεύματος. Δηλαδή, η γωνία " γ " ισούται με 90° . Όταν το ρεύμα γίνεται αντίστροφο της τάσης, τότε η ροή του πραγματοποιείται μέσα από τις διόδους ελεύθερης διέλευσης. Σε σύγκριση με το μετατροπέα της 5α άσκησης δεν είναι πλέον απαραίτητες οι επαγωγές στην DC πλευρά και ο πυκνωτής παράλληλα. Έτσι, η τοπολογία γίνεται όπως φαίνεται στο σχήμα 5.6. Στο σχήμα 5.7 παρουσιάζονται κάποια παραδείγματα για τον καθορισμό της γωνίας γ για την μεταβολή της συχνότητας.



Σχήμα 5.5: Εξήγηση της λειτουργίας του αντιστροφέα οδήγησης φορτίου. (α) θετική φόρτιση, (β) αρνητική φόρτιση, (γ) Τάση και ρεύμα φορτίου.



Σχήμα 5.6: Κύκλωμα μονοφασικού αντιστροφέα οδήγησης φορτίου, με θυρίστορ



Σχήμα 5.7: Τάση και ρεύμα φορτίου μονοφασικού αντιστροφέα οδήγησης φορτίου για διαφορετικές τιμές της γωνίας γ

Ζητούμενα:

- Να μετρηθούν και να παλμογραφηθούν η τάση και το ρεύμα του φορτίου για διαφορετική γωνία γ
- Να παλμογραφηθούν η τάση και το ρεύμα στο φορτίο για διαφορετικές τιμές L και C
- Να παλμογραφηθούν η τάση στο thyristor και του ρεύμα στο φορτίο για διαφορετικές τιμές L και C