



Βιομηχανική Ηλεκτρονική

Εργαστηριακή Άσκηση 1

Μονοφασική – Τριφασική Ανόρθωση με Διόδους

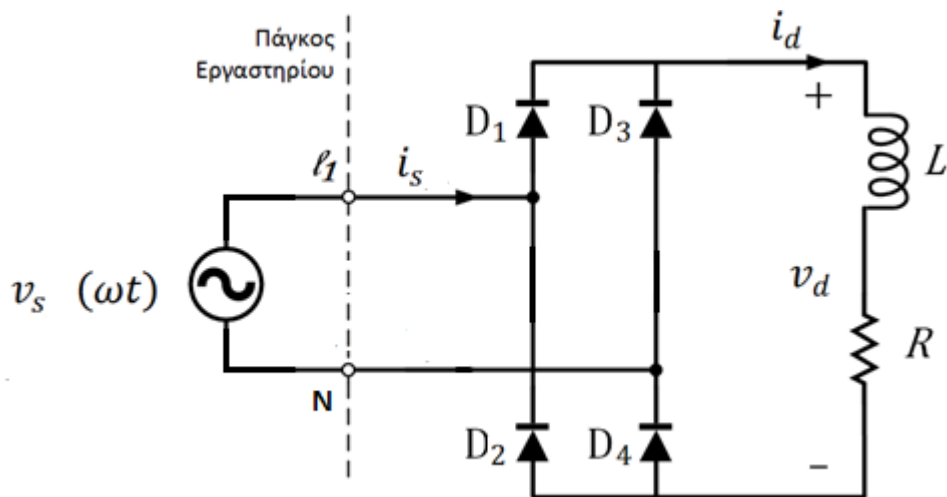
Σκοπός της άσκησης

Η άσκηση αυτή έχει σκοπό την εξοικείωσή με τις διάφορες μορφές ισχύος στα ηλεκτρικά κυκλώματα και την κατανόηση της λειτουργίας του μετατροπέα μονοφασικής και τριφασικής ανόρθωσης με διόδους σε συνδεσμολογία γέφυρας.

Απαραίτητες γνώσεις

Βιβλίο: «Βιομηχανικά Ηλεκτρονικά», Σ. Ν. Μανιάς, Εκδ. Συμεών, 2^η έκδοση.
Ενότητα 3.2.1, 3.3

1. Μονοφασική Πλήρης Ανόρθωση με Διόδους σε Συνδεσμολογία Γέφυρας



Σχ. 1: Κύκλωμα μονοφασικής πλήρους ανόρθωσης σε συνδεσμολογία γέφυρας με διόδους.

Προεργασία άσκησης

Μέρος Α: Για το κύκλωμα του Σχ. 1 δίνονται τα ακόλουθα:

- $V_s = 50 \text{ V}$ (ενεργός τιμή της φασικής τάσης εισόδου).
- $f_s = 50 \text{ Hz}$.
- $R = 50 \Omega, L = 0 \text{ mH}$.

Να υπολογιστούν:



- Η μέση τιμή της τάσης εξόδου v_d .
- Η μέση τιμή του ρεύματος εξόδου i_d .
- Η ενεργός ισχύς στην πλευρά του φορτίου. Συστήνεται να χρησιμοποιήσετε τον ορισμό της ενεργού ισχύος.
- Η ενεργός τιμή του ρεύματος εισόδου $i_{s,a}$.
- Η ενεργός τιμή της θεμελιώδους αρμονικής συνιστώσας του ρεύματος εισόδου $i_{s1,a}$.
- Η φαινόμενη, η ενεργός ισχύς, η άεργος ισχύς λόγω μετατόπισης (Q_1) και η ισχύς παραμόρφωσης στην είσοδο του μετατροπέα.
- Ο συντελεστής ισχύος και ο συντελεστής μετατόπισης $\cos \varphi_1$ στην είσοδο του μετατροπέα.

Μέρος Β: Θεωρήστε τις ίδιες τιμές του κυκλώματος και επαναλάβετε τους υπολογισμούς όπως στο μέρος Α, με τη διαφορά ότι τώρα στο κύκλωμα συνδέεται ωμικό-επαγωγικό φορτίο με:

- $L \rightarrow \infty$ (αρκετά μεγάλο πηνίο, ώστε να εξομαλύνει πλήρως το ρεύμα)

Καταγράψτε τους υπολογισμούς σας στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Μεγέθη προεργασίας εργαστηριακής άσκησης και αντίστοιχες μετρήσεις.

	Υπολογισμοί προεργασίας		Εργαστηριακές μετρήσεις	
	$L = 0 \text{ mH}$	$L \rightarrow \infty$	$L = 0 \text{ mH}$	$L = 600 \text{ mH}$
Μέση τιμή v_d				
Μέση τιμή i_d				
Ενεργός ισχύς στο φορτίο P_d				
Ενεργός τιμή $i_{s,a}$				
Ενεργός τιμή $i_{s1,a}$				
Φαινόμενη ισχύς στην είσοδο S				
Ενεργός ισχύς στην είσοδο P_s				
Άεργος ισχύς Q_1 λόγω μετατόπισης στην είσοδο				
Συντελεστής μετατόπισης στην είσοδο $\cos \varphi_1$				
Συντελεστής ισχύος στην είσοδο λ				
Ισχύς παραμόρφωσης στην είσοδο D				



Εκτέλεση άσκησης στο εργαστήριο

Απαιτούμενες συσκευές και όργανα: Μονοφασική ανορθωτική γέφυρα διόδων, ωμικό φορτίο 50Ω , επαγωγικό φορτίο με λήψεις $<600 \text{ mH}$, πολύμετρα/αμπερόμετρα/βολτόμετρα, παλμογράφος.

ΠΡΟΣΟΧΗ:

Πριν κατασκευαστεί οποιαδήποτε συνδεσμολογία κυκλώματος ισχύος φροντίστε ο διακόπτης τροφοδοσίας δικτύου να είναι κλειστός και ο αυτομετασχηματιστής στην ένδειξη μηδέν. Δεν επιτρέπεται η ενεργοποίηση οποιουδήποτε κυκλώματος χωρίς την έγκριση του επιβλέποντα.

Πορεία άσκησης:

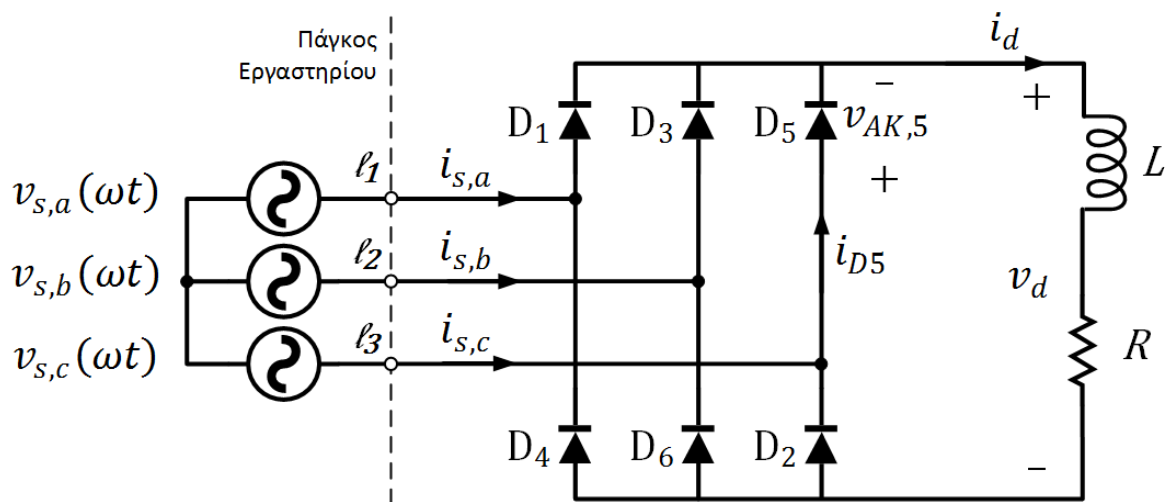
- Βεβαιωθείτε ότι έχετε διαβάσει, κατανοήσει και θυμάστε τις οδηγίες ασφαλείας του εργαστηρίου.
- Εντοπίστε και αναγνωρίστε τις συσκευές που θα χρειαστείτε κατά τη διάρκεια της εργαστηριακής άσκησης.
- Για να εκμεταλλευτείτε την μεταβλητή/ελεγχόμενη τάση στην είσοδο του κυκλώματος (μέσω αυτομετασχηματιστή), χρησιμοποιήστε τους ακροδέκτες L_1, N
- Κατασκευάστε τη συνδεσμολογία του κυκλώματος ισχύος, όπως αυτό φαίνεται στο Σχ. 1.
- Χρησιμοποιήστε τις τιμές των παθητικών στοιχείων (R, L) που δίνονται στην προεργασία της άσκησης. **Μετρήστε την τιμή της αντίστασης του ωμικού φορτίου για να βεβαιωθείτε ότι έχει τη σωστή τιμή.** Συνδέστε το πηνίο στη λήψη $L = 600 \text{ mH}$. Για το πρώτο μέρος της άσκησης, βραχυκυκλώστε τα άκρα του πηνίου, ώστε το φορτίο να είναι καθαρά ωμικό.
- Συνδέστε κατάλληλα τα όργανα μετρήσεων στην είσοδο/έξοδο και στα άκρα των στοιχείων του κυκλώματος, ώστε να λάβετε τις απαιτούμενες μετρήσεις για τη συμπλήρωση του Πίνακα 1. Βεβαιωθείτε ότι τα όργανα μέτρησης που χρησιμοποιείτε έχουν τη δυνατότητα μέτρησης των αντιστοιχών μεγεθών/τιμών για τις οποίες τα χρησιμοποιείτε.
- Ζητήστε τον έλεγχο του κυκλώματος από τον επιβλέποντα του εργαστηρίου και ενεργοποιήστε τη διάταξη με τη βοήθειά του. Ορίστε την τάση εισόδου του κυκλώματος (μέσω του αυτομετασχηματιστή) στην τιμή της προεργασίας.
- Επιβεβαιώστε ότι οι κυματομορφές ρεύματος/τάσης εισόδου/εξόδου που βλέπετε στον παλμογράφο αντιστοιχούν στις θεωρητικά αναμενόμενες, καθώς και ότι οι τιμές που καταγράφετε κατά τη διάρκεια των εργαστηριακών μετρήσεων αντιστοιχούν σ' αυτές που υπολογίσατε στην προεργασία της άσκησης. Προσπαθήστε να εξηγήσετε τις πιθανές διαφορές που μπορεί να παρατηρείτε.
- Δείτε στον παλμογράφο τις κυματομορφές της τάσης στα άκρα και του ρεύματος μιας διόδου στην οποία έχετε εύκολη πρόσβαση, χωρίς να χρειαστεί αποσύνδεση



του κυκλώματος. Βεβαιωθείτε ότι βλέπετε τις κυματομορφές με τη σωστή πολικότητα.

- Συμπληρώστε με τις μετρήσεις σας τις υπόλοιπες τιμές του Πίνακα 1.
- Με τη βοήθεια του επιβλέποντος, εισάγετε το πηνίο στο κύκλωμα και επαναλάβετε τις μετρήσεις και τις παρατηρήσεις σας, για ωμικό-επαγωγικό φορτίο αυτή τη φορά.
- Με τη βοήθεια του επιβλέποντος, ανοιχτοκυκλώστε μία δίοδο της γέφυρας, για να προσομοιώσετε την αντίστοιχη κατάσταση σφάλματος στο μετατροπέα. Συζητήστε την επίδραση του σφάλματος στις κυματομορφές του κυκλώματος.
- Αφού ολοκληρώσετε τις μετρήσεις σας, συμβουλευτείτε τον επιβλέποντα της άσκησης για την απενεργοποίηση του κυκλώματος.

2. Τριφασική Ανόρθωση με Διόδους σε Συνδεσμολογία Πλήρους Γέφυρας



Σχ. 2: Κύκλωμα τριφασικής ανόρθωσης πλήρους γέφυρας με διόδους.

Προεργασία άσκησης

Μέρος Α: Για το κύκλωμα του Σχ. 2 δίνονται τα ακόλουθα:

- $V_{s,ab} = 50 \text{ V}$ (ενεργός τιμή της πολικής τάσης εισόδου).
- $f_s = 50 \text{ Hz}$.
- $R = 50 \Omega, L = 0 \text{ mH}$.

Να υπολογιστούν:

- Η μέση τιμή της τάσης εξόδου v_d .
- Η μέση τιμή του ρεύματος εξόδου i_d .

Θεωρώντας ότι στην πλευρά συνεχούς ρεύματος, η τάση και το ρεύμα έχουν αμελητέα κυμάτωση (τα μεγέθη θεωρούνται ίσα με τις αντίστοιχες μέσες τιμές, διαφορετικά ο υπολογισμός είναι αδιάφορα πολύπλοκος), να υπολογιστούν επίσης:



- Η ενεργός ισχύς στην πλευρά του φορτίου.
- Η άεργος ισχύς λόγω μετατόπισης (Q_1) και ο συντελεστής μετατόπισης $\cos \varphi_1$ στην είσοδο του μετατροπέα.

Μέρος Β: Θεωρήστε τις ίδιες τιμές του κυκλώματος και επαναλάβετε τους υπολογισμούς όπως στο μέρος Α, με τη διαφορά ότι τώρα στο κύκλωμα συνδέεται ωμικό-επαγωγικό φορτίο με:

- $L \rightarrow \infty$ (αρκετά μεγάλο πηνίο, ώστε να εξομαλύνει πλήρως το ρεύμα)

Να υπολογιστούν **επιπλέον**:

- Η ενεργός τιμή του ρεύματος εισόδου $i_{s,a}$.
- Η ενεργός τιμή της θεμελιώδους αρμονικής συνιστώσας του ρεύματος εισόδου $i_{s1,a}$.
- Η φαινόμενη, η ενεργός ισχύς και η ισχύς παραμόρφωσης στην είσοδο του μετατροπέα.
- Ο συντελεστής ισχύος στην είσοδο του μετατροπέα.

Καταγράψτε τους υπολογισμούς σας στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2: Μεγέθη προεργασίας εργαστηριακής άσκησης και αντίστοιχες μετρήσεις.

	Υπολογισμοί προεργασίας		Εργαστηριακές μετρήσεις	
	$L = 0 \text{ mH}$	$L \rightarrow \infty$	$L = 0 \text{ mH}$	$L = 450 \text{ mH}$
Μέση τιμή v_d				
Μέση τιμή i_d				
Ενεργός τιμή $i_{s,a}$				
Ενεργός τιμή $i_{s1,a}$				
Φαινόμενη ισχύς στην είσοδο S				
Ενεργός ισχύς στην είσοδο P_s				
Ενεργός ισχύς στο φορτίο P_d				
Άεργος ισχύς Q_1 λόγω μετατόπισης στην είσοδο				
Συντελεστής μετατόπισης στην είσοδο $\cos \varphi_1$				
Συντελεστής ισχύος στην είσοδο λ				
Ισχύς παραμόρφωσης στην είσοδο D				



Εκτέλεση άσκησης στο εργαστήριο

Απαιτούμενες συσκευές και όργανα: Τριφασική ανορθωτική γέφυρα διόδων, ωμικό φορτίο 50Ω , επαγωγικό φορτίο με λήψεις $< 600 \text{ mH}$, πολύμετρα/αμπερόμετρα/βολτόμετρα, παλμογράφος.

ΠΡΟΣΟΧΗ:

Πριν κατασκευαστεί οποιαδήποτε συνδεσμολογία κυκλώματος ισχύος φροντίστε ο διακόπτης τροφοδοσίας δικτύου να είναι κλειστός και ο αυτομετασχηματιστής στην ένδειξη μηδέν. Δεν επιτρέπεται η ενεργοποίηση οποιουδήποτε κυκλώματος χωρίς την έγκριση του επιβλέποντα.

Πορεία άσκησης:

- Για να εκμεταλλευτείτε την μεταβλητή/ελεγχόμενη τάση στην είσοδο του κυκλώματος (μέσω αυτομετασχηματιστή), χρησιμοποιήστε τους ακροδέκτες l_1, l_2, l_3 .
- Κατασκευάστε τη συνδεσμολογία του κυκλώματος ισχύος, όπως αυτό φαίνεται στο Σχ. 2.
- Χρησιμοποιήστε τις τιμές των παθητικών στοιχείων (R, L) που δίνονται στην προεργασία της άσκησης. Μετρήστε την τιμή της αντίστασης του ωμικού φορτίου για να βεβαιωθείτε ότι έχει τη σωστή τιμή. Συνδέστε το πηνίο στη λήψη $L = 450 \text{ mH}$. Για το πρώτο μέρος της άσκησης, βραχυκυκλώστε τα άκρα του πηνίου, ώστε το φορτίο να είναι καθαρά ωμικό.
- Συνδέστε κατάλληλα τα όργανα μετρήσεων στην είσοδο/έξοδο και στα άκρα των στοιχείων του κυκλώματος, ώστε να λάβετε τις απαιτούμενες μετρήσεις για τη συμπλήρωση του Πίνακα 2. Βεβαιωθείτε ότι τα όργανα μέτρησης που χρησιμοποιείτε έχουν τη δυνατότητα μέτρησης των αντιστοιχών μεγεθών/τιμών για τις οποίες τα χρησιμοποιείτε.
- Ζητήστε τον έλεγχο του κυκλώματος από τον επιβλέποντα του εργαστηρίου και ενεργοποιήστε τη διάταξη με τη βοήθειά του. Ορίστε την τάση εισόδου του κυκλώματος (μέσω του αυτομετασχηματιστή) στην τιμή της προεργασίας.
- Επιβεβαιώστε ότι οι κυματομορφές ρεύματος/τάσης εισόδου/εξόδου που βλέπετε στον παλμογράφο αντιστοιχούν στις θεωρητικά αναμενόμενες, καθώς και ότι οι τιμές που καταγράφετε κατά τη διάρκεια των εργαστηριακών μετρήσεων αντιστοιχούν σ' αυτές που υπολογίσατε στην προεργασία της άσκησης. Προσπαθήστε να εξηγήσετε τις πιθανές διαφορές που μπορεί να παρατηρείτε.
- Δείτε στον παλμογράφο τις κυματομορφές της τάσης στα άκρα και του ρεύματος της διόδου D_5 , $v_{AK,5}$ και i_{D5} (ή οποιασδήποτε άλλης διόδου στην οποία έχετε εύκολη πρόσβαση, χωρίς να χρειαστεί αποσύνδεση του κυκλώματος). Βεβαιωθείτε ότι βλέπετε τις κυματομορφές με τη σωστή πολικότητα.
- Συμπληρώστε με τις μετρήσεις σας τις υπόλοιπες τιμές του Πίνακα 2.



- Με τη βοήθεια του επιβλέποντος, εισάγετε το πηνίο στο κύκλωμα και επαναλάβετε τις μετρήσεις, για ωμικό-επαγωγικό φορτίο αυτή τη φορά.
- Με τη βοήθεια του επιβλέποντος, ανοιχτοκυκλώστε μία δίοδο της γέφυρας, για να προσομοιώσετε την αντίστοιχη κατάσταση σφάλματος στο μετατροπέα. Συζητήστε την επίδραση του σφάλματος στις κυματομορφές του κυκλώματος.
- Αφού ολοκληρώσετε τις μετρήσεις σας, συμβουλευτείτε τον επιβλέποντα της άσκησης για την απενεργοποίηση του κυκλώματος.

Ερωτήσεις αναφοράς

1. Να συγκρίνετε και να σχολιάσετε τους θεωρητικούς υπολογισμούς με τις αντίστοιχες μετρήσεις που πραγματοποιήσατε στο εργαστήριο. Παρατηρείτε κάπου αξιοσημείωτη διαφορά; Σε τι μπορεί να οφείλεται;
2. Επιδρά η ύπαρξη σημαντικής αυτεπαγωγής L σε σειρά με το ωμικό φορτίο στην κατανάλωση ενεργού ισχύος του κυκλώματος (για την ίδια τιμή αντίστασης φορτίου R); Σε τι οφείλεται αυτό το φαινόμενο;
3. Σε τι οφείλεται η διαφοροποίηση του συντελεστή ισχύος λ μεταξύ του μονοφασικού και του τριφασικού αντιστροφέα, αν και στις δύο περιπτώσεις τροφοδοτείται αποκλειστικά ωμικό φορτίο; Πώς αλλάζει αυτή η διαφοροποίηση αν σε σειρά με την αντίσταση τοποθετηθεί σημαντική αυτεπαγωγή L ;
4. Να παρουσιάσετε και να εξηγήσετε τις κυματομορφές τάσης και ρεύματος στην περίπτωση του σφάλματος (ανοιχτοκύκλωση διόδου) που παρατηρήσατε στο εργαστήριο για τους δύο μετατροπείς που εξετάσατε.
5. Να παρουσιάσετε και να εξηγήσετε την κυματομορφή της τάσης στα άκρα μιας διόδου του τριφασικού ανορθωτή και του ρεύματος που τη διαρρέει (για οποιαδήποτε περίπτωση φορτίου θέλετε).
6. Πόσοι παλμοί παρουσιάζονται στην έξοδο του κάθε μετατροπέα κατά τη διάρκεια μιας περιόδου δικτύου (είσοδου); Ποια είναι η συχνότητα της (κυμάτωσης της) τάσης εξόδου;
7. Να εξηγήσετε τη σχέση της γωνίας σύνθετης αντίστασης του φορτίου με το συντελεστή μετατόπισης $\cos \varphi_1$ και το συντελεστή ισχύος λ στην είσοδο της ανορθωτικής διάταξης για τις δύο περιπτώσεις μετατροπέων που εξετάστηκαν.



- Η αναφορά θα υποβληθεί ατομικά.
- Το μέγεθος της αναφοράς θα είναι μέχρι δύο σελίδες.
- Ενθαρρύνουμε τη συνεργασία μεταξύ των φοιτητών και των ομάδων, όχι όμως την από κοινού σύνταξη εργασιών.
- Απαντήστε συνοπτικά και επί της ουσίας στα ερωτήματα της άσκησης. Οι απαντήσεις σας πρέπει να είσαι σαφείς και οι διατυπώσεις σας ξεκάθαρες.
- Η παράδοση της εργασίας θα γίνεται στην Γραμματεία Εργαστηρίου Ηλεκτρικών Μηχανών και Ηλεκτρονικών Ισχύος στο γραφείο 1.2.2 (Παλαιά Κτίρια Ηλεκτρολόγων) καθημερινά 10:00 – 13:00.
- Η προθεσμία υποβολής της έκθεσης αναφοράς είναι αυστηρά δύο (2) εβδομάδες μετά την πραγματοποίηση της άσκησης. Εκπρόθεσμες εργασίες δεν θα γίνουν δεκτές.