ΑΣΚΗΣΗ 3

**Μονοφασικός Μετασχηματιστής – Προσομοίωση με Matlab**

***ΟΜΑΔΑ Δ1:***

*ΚΑΠΕΝΤΖΩΝΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ*

*ΚΩΤΣΙΡΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ*

*ΠΑΣΤΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ*

*ΣΑΒΒΑΣ ΡΗΓΙΝΟΣ*

*ΣΑΜΙΩΤΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ*

*ΦΑΡΔΕΛΛΑΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ*

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

2022

Περιεχόμενα

[3.1.1.1. Λειτουργία με ωμικό φορτίο 2](#_Toc102914675)

[3.1.1.2. Λειτουργία με ωμικό-επαγωγικό φορτίο 3](#_Toc102914676)

[3.1.1.3. Λειτουργία με ωμικό-χωρητικό φορτίο 10](#_Toc102914677)

# 3.1.1.1. Λειτουργία με ωμικό φορτίο

Να διατηρήσετε σταθερή την τάση του πρωτεύοντος .

Μεταβάλλετε: από μηδέν έως .

Μετρήστε: , , , , , .

Σχεδιάστε: , , , βαθμό απόδοσης .

Graphical user interface, text, application

Description automatically generatedΛύση: Από τις παραμέτρους του μονοφασικού μετασχηματιστή συμπεραίνουμε ότι η ονομαστική τιμή της τάσης του πρωτεύοντος είναι . Επιπλέον, οι ονομαστικές τιμές της τάσης δευτερεύοντος και της φαινόμενης ισχύος είναι και αντίστοιχα.

Εικόνα 1. Ονομαστικές τιμές τάσης μετασχηματιστή.

Από τις ονομαστικές τιμές που μας δίνονται στην Εικόνα 1 μπορούμε να υπολογίσουμε το λόγο μετασχηματισμού και τις ονομαστικές τιμές των ρευμάτων και . Ισχύει:

Θέλουμε να μεταβάλλουμε το από έως , κρατώντας σταθερή την τάση πρωτεύοντος και ίση με την ονομαστική τιμή της, . Από τη στιγμή που η τάση πρωτεύοντος μένει σταθερή, τότε και η τάση δευτερεύοντος θα παραμένει σταθερή καθώς εμείς αυξάνουμε την . Επομένως, μέσα από τον νόμο του Ohm μπορούμε να υπολογίσουμε την τιμή της αντίστασης που χρειάζεται προκειμένου να μεταβάλλουμε σωστά την .

Θα χρειαστεί πρώτα να κατασκευάσουμε το κύκλωμα με το οποίο θα πραγματοποιηθεί η προσομοίωση της λειτουργίας του μετασχηματιστή με ωμικό φορτίο. Στο πρωτεύον τύλιγμα θα συνδέσουμε την ac πηγή τάσης που μας δίνεται, ενώ στο δευτερεύον θα συνδέσουμε την αντίσταση . Είναι απαραίτητο να συνδέσουμε και σε κάθε τύλιγμα ένα αμπερόμετρο σε σειρά και ένα βολτόμετρο παράλληλα, προκειμένου να κάνουμε τις ζητούμενες μετρήσεις. Επιπλέον, θα περάσουμε τις τιμές τις τάσεις και του ρεύματος κάθε τυλίγματος μέσα από ένα βαττόμετρο, έτσι ώστε να μετρήσουμε τις ισχύεις πρωτεύοντος και δευτερεύοντος. Το κύκλωμα αποτυπώνεται στην Εικόνα 2.

Diagram

Description automatically generatedΜέσω των μετρήσεων των πραγματοποιήσαμε, συμπληρώσαμε τον Πίνακας 1 και σχεδιάσαμε τις ζητούμενες καμπύλες. Ο βαθμός απόδοσης του μετασχηματιστή υπολογίστηκε από τη σχέση .

Εικόνα 2. Λειτουργία με ωμικό φορτίο.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| 0 |  | 122 | 0.97 | 114 | 148 |
| 3.79 | 34.2 | 121.2 | 2.51 | 544.4 | 429.7 |
| 7.59 | 17.1 | 120.6 | 4.31 | 971.8 | 850.8 |
| 11.38 | 11.4 | 120.0 | 6.13 | 1345 | 1263 |
| 15.18 | 8.55 | 119.4 | 7.94 | 1814 | 1668 |
| 18.97 | 6.84 | 118.4 | 9.74 | 2228 | 2064 |
| 22.77 | 5.7 | 118.2 | 11.52 | 2639 | 2452 |
| 26.56 | 4.89 | 117.6 | 13.28 | 3042 | 2830 |
| 30.36 | 4.28 | 117.1 | 15.02 | 3443 | 3201 |
| 34.15 | 3.8 | 116.5 | 16.77 | 3845 | 3570 |
| 37.95 | 3.42 | 115.9 | 18.48 | 4239 | 3927 |
| 41.74 | 3.11 | 115.3 | 20.18 | 4627 | 4277 |

Πίνακας 1. Μετρήσεις λειτουργίας με ωμικό φορτίο.

Στην Εικόνα 3,**Error! Reference source not found.** απεικονίζονται οι γραφικές παραστάσεις που σχεδιάστηκαν βάσει του κώδικα που αναπτύχθηκε με χρήση του λογισμικού Matlab για τις καμπύλες , , και . Παρακάτω, ο προαναφερθείς κώδικας:

clear all; close all; clc;

i2 = [0 3.57 7.13 10.7 14.27 17.84 21.4 24.97 28.54 32.11 35.67 39.24];

u2 = [122 121.2 120.6 120 119.4 118.4 118.2 117.6 117.1 116.5 115.9 115.3];

i1 = [0.97 2.51 4.31 6.13 7.94 9.74 11.52 13.28 15.02 16.77 18.48 20.18];

p1 = [114 544.4 971.8 1395 1814 2228 2639 3042 3443 3845 4239 4627];

p2 = [148 429.7 850.8 1263 1668 2064 2452 2830 3201 3570 3927 4277];

h = p2./p1;

figure();

subplot(3,1,1);

plot(i2,i1,'-o');

hold on;

plot(i2,u2,'-o');

legend("I1 = f(I2)", "U2 = f(I2)");

title("U2 = f(I2) and I1 = f(I2)");

subplot(3,1,2);

plot(i2,p1,'-o');

title("P1 = f(I2)");

subplot(3,1,3);

plot(i2,h,'-o');

title("P2/P1 = f(I2)");

# 3.1.1.2. Λειτουργία με ωμικό-επαγωγικό φορτίο

Εικόνα 3. Γραφικές παραστάσεις ζητούμενων καμπυλών.

Να συνδέσετε μια ωμική αντίσταση τιμής παράλληλα με μια επαγωγή . Να τροφοδοτηθεί το πρωτεύον με τάση .

Μετρήστε: , , , , , , , .

Υπολογίστε: Τις φασικές γωνίες , .

Σχεδιάστε: το διανυσματικό διάγραμμα. Ξεκινήστε από τα , , κάνετε χρήση των μεγεθών , , . Για να λάβετε το διάνυσμα χρησιμοποιείστε το ρεύμα που θα βρείτε από προσομοίωση του μετασχηματιστή σε λειτουργία εν κενώ.

Συγκρίνετε: τα μεγέθη , , που θα προκύψουν από την προσομοίωση και από το διανυσματικό διάγραμμα.

Λύση: Αρχικά, υλοποιούμε το κύκλωμα όπως μας ζητείται. Στο πρωτεύον συνδέουμε μια ac τάση τιμής και στο δευτερεύον μια αντίσταση τιμής σε παράλληλη σύνδεση με μια επαγωγή . Με παρόμοιο τρόπο με το προηγούμενο ερώτημα, συνδέσουμε τα απαραίτητα βολτόμετρα, αμπερόμετρα και βαττόμετρα για να κάνουμε τις μετρήσεις μας. Το κύκλωμα φαίνεται στην Εικόνα 4.Diagram

Description automatically generated

Εικόνα 4. Λειτουργία με ωμικό-επαγωγικό φορτίο.

Από την Εικόνα 4, εξάγουμε τις πληροφορίες για τις ζητούμενες μετρήσεις και συμπληρώνουμε τον Πίνακας 2.

|  |  |
| --- | --- |
| Πρωτεύον τύλιγμα | Δευτερεύον τύλιγμα |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| - |  |
| - |  |

Πίνακας 2. Μετρήσεις λειτουργίας με ωμικό-επαγωγικό φορτίο.

Για να υπολογίσουμε τις φασικές γωνίες και θα χρειαστεί να υπολογίσουμε τους συντελεστές ισχύος για κάθε τύλιγμα.

Diagram

Description automatically generatedΠροκειμένου να σχεδιάσουμε το διανυσματικό διάγραμμα, θα χρειαστεί να υπολογίσουμε τα μεγέθη , , και το διάνυσμα . Για τον υπολογισμό του διανύσματος , απαραίτητος είναι ο υπολογισμός των και , τα οποία και θα υπολογίσουμε από το ισοδύναμο εν κενώ του μετασχηματιστή. Εφαρμόζουμε μια ac τάση στο πρωτεύον τύλιγμα του μετασχηματιστή και αφήνουμε ανοιχτοκυκλωμένο το δευτερεύον. Έπειτα, μετράμε το ρεύμα και την ισχύ πρωτεύοντος, ακριβώς όπως δείχνει και η Εικόνα 5, και υπολογίζουμε τα ζητούμενα μεγέθη από τις εξής σχέσεις:

Εικόνα 5. Λειτουργία εν κενώ με ac τάση στο πρωτεύον.

Από τις μετρήσεις της Εικόνα 5 λαμβάνουμε τις τιμές , και .

Diagram

Description automatically generated Για να υπολογίσουμε την τιμή της , θα χρησιμοποιήσουμε ξανά τη λειτουργία εν κενώ, ωστόσο στο πρωτεύον θα εφαρμόσουμε μια dc τάση, ακριβώς όπως φαίνεται και στην Εικόνα 6. Με αυτόν τον τρόπο, οι επαγωγές του ισοδύναμου εν κενώ γίνονται βραχυκυκλώματα, με αποτέλεσμα να μένει μόνο η αντίσταση , την οποία και υπολογίζουμε μέσω του νόμου του Ohm.

Εικόνα 6. Λειτουργία εν κενώ με dc τάση στο πρωτεύον.

Από την Εικόνα 6 βλέπουμε ότι και , επομένως .

Diagram

Description automatically generated Τώρα, για να υπολογίσουμε τα μεγέθη , και θα χρησιμοποιήσουμε τη λειτουργία με βραχυκύκλωμα. Εφαρμόζουμε στο πρωτεύον μια ac τάση τιμής και βραχυκυκλώνουμε τα τυλίγματα του δευτερεύοντος, ακριβώς όπως φαίνεται και στην Εικόνα 7. Απόρροια του βραχυκυκλώματος, αφού αγνοήσουμε και τον εγκάρσιο κλάδο, είναι ένα κύκλωμα με και .

Εικόνα . Λειτουργία σε βραχυκύκλωμα.

Από την Εικόνα 7 συμπεραίνουμε ότι , και . Η εμπέδηση θα βρεθεί από τον νόμο του Ohm, ενώ στη συνέχεια θα βρούμε τη γωνία , μέσω της οποίας θα υπολογίσουμε τα και .

Τέλος, χρειαζόμαστε τα ανηγμένα στο πρωτεύον μεγέθη και και τη μεταξύ τους γωνία , τα οποία θα υπολογίσουμε μέσω των μεγεθών του Πίνακας 2, και . Γνωρίζουμε ότι ο λόγος μετασχηματισμού είναι .

Στον Πίνακας 3 βρίσκονται όλα τα απαραίτητα για τη σχεδίαση του διανυσματικού διαγράμματος ανηγμένα μεγέθη.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 218.64 V | 14.31 A |  | 0.295 Ω | 0.321 Ω | 0.2315 Ω | 0.2315 Ω | 0.833 A | 0.489 A | 59.59 |

Πίνακας 3. Ανηγμένα στη μια πλευρά μεγέθη για τη σχεδίαση του διανυσματικού διαγράμματος για ωμικό-επαγωγικό φορτίο.

Diagram

Description automatically generated Παρακάτω φαίνεται το διανυσματικό διάγραμμα για τη λειτουργία με ωμικό-επαγωγικό φορτίο.

Εικόνα 8. Διανυσματικό διάγραμμα για λειτουργία με ωμικό-επαγωγικό φορτίο.

Από το διανυσματικό διάγραμμα της Εικόνα 8, συμπεραίνουμε ότι τα μεγέθη , και ισούνται με τις τιμές , και αντίστοιχα. Από την προσομοίωση, ωστόσο, είχαμε σημειώσει στον Πίνακας 2 τις τιμές και , ενώ για τη φασική γωνία βρήκαμε μέσω μαθηματικών υπολογισμών ότι ισούται με . Επομένως, συμπεραίνουμε ότι μέσω του διανυσματικού διαγράμματος μπορούμε να υπολογίσουμε με καλή ακρίβεια ορισμένα μεγέθη.

# 3.1.1.3. Λειτουργία με ωμικό-χωρητικό φορτίο

Να συνδέσετε μια ωμική αντίσταση παράλληλα με μια χωρητικότητα τέτοια ώστε να προκύψει ένα ρεύμα (επιλέξτε τη γωνία).

Μετρήστε: , , , , , , , .

Υπολογίστε: Τις φασικές γωνίες , .

Σχεδιάστε: το διανυσματικό διάγραμμα. Ξεκινήστε από τα , , κάνετε χρήση των μεγεθών , , . Για να λάβετε το διάνυσμα χρησιμοποιείστε το ρεύμα που θα βρείτε από προσομοίωση του μετασχηματιστή σε λειτουργία εν κενώ.

Συγκρίνετε: τα μεγέθη , , που θα προκύψουν από την προσομοίωση και από το διανυσματικό διάγραμμα.

Επιπλέον, να κάνετε μαθηματική επίλυση του κυκλώματος με το ισοδύναμο Thevenin. Να επιβεβαιώσετε τα

αποτελέσματα συγκρίνοντας αυτά από την προσομοίωση.

Λύση: Το κύκλωμα που θα κατασκευάσουμε σε αυτό το ερώτημα έχει παρόμοια μορφή με του προηγούμενου, με μοναδική διαφορά την αντικατάσταση της επαγωγής με μια χωρητικότητα . Θέλουμε στο πρωτεύον τύλιγμα να ρέει ρεύμα ίσο με την ονομαστική τιμή . Επομένως, υπολογίσαμε πειραματικά ότι η τιμή της αντίστασης του φορτίου πρέπει να ισούται με . Για την τιμή της χωρητικότητας επιλέξαμε . Στην Εικόνα 9 παρουσιάζεται το κύκλωμα μαζί με τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν.

Diagram

Description automatically generated Εξάγουμε τα αποτελέσματα των μετρήσεων από την Εικόνα 9 και τα συγκεντρώνουμε στον παρακάτω Πίνακας 4.

Εικόνα 9. Λειτουργία με ωμικό-χωρητικό φορτίο.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 230 V | 17.4 A | 116.3 V | 31.88 A | 3997 W | 3708 W | 31.87 A | 0.731 A |

Πίνακας 4. Μετρήσεις λειτουργίας με ωμικό-χωρητικό φορτίο.

Για τον υπολογισμό των φασικών γωνιών και θα βρούμε τον συντελεστή ισχύος για κάθε τύλιγμα και ύστερα, μέσω του αντιστρόφου του συνημίτονου, θα βρούμε τις γωνίες.

Επομένως, οι φασικές γωνίες είναι και .

Για τη σχεδίαση του διανυσματικού διαγράμματος θα ακολουθήσουμε παρόμοια διαδικασία με αυτή που πραγματοποιήθηκε και για το ωμικό-επαγωγικό φορτίο στο προηγούμενο ερώτημα. Ωστόσο, πλέον γνωρίζουμε τις απώλειες σιδήρου , την κύρια αυτεπαγωγιμότητα , τις σκεδάσεις και και τις απώλειες στα τυλίγματα και του μετασχηματιστή, οπότε δεν χρειάζεται να υπολογιστούν αυτά τα μεγέθη ξανά.

Επιπλέον, πρέπει να υπολογίσουμε τα ανηγμένα στο πρωτεύον μεγέθη και . Από τις τιμές του Πίνακας 4 υπολογίζουμε ότι:

Παρακάτω, στον Πίνακας 5 βρίσκονται συγκεντρωμένα όλα τα απαραίτητα για τη σχεδίαση του διανυσματικού διαγράμματος μεγέθη.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 218.64 V | 16.96 A | 0 | 0.295 Ω | 0.321 Ω | 0.2315 Ω | 0.2315 Ω | 0.489 A | 0.833 A | 59.59 |

Graphical user interface

Description automatically generatedΠίνακας 5. Ανηγμένα στη μια πλευρά μεγέθη για τη σχεδίαση του διανυσματικού διαγράμματος για ωμικό-χωρητικό φορτίο.

Εικόνα 10. Διανυσματικό Διάγραμμα για λειτουργία με ωμικό-χωρητικό φορτίο.

Παραπάνω, στην Εικόνα 10 φαίνεται το διανυσματικό διάγραμμα που πραγματοποιήθηκε για την λειτουργία με ωμικό-χωρητικό φορτίο.

Σχετικά με τη σύγκριση των αποτελεσμάτων για τα μεγέθη , και που προέκυψαν από το διανυσματικό διάγραμμα και την προσομοίωση, έχουμε , και για το διανυσματικό διάγραμμα και , και για την προσομοίωση. Επομένως, συμπεραίνουμε ότι μέσω του διανυσματικού διαγράμματος μπορούμε να υπολογίσουμε με καλή ακρίβεια ορισμένα μεγέθη.

Για τον αναλυτικό υπολογισμό τάσεων και ρευμάτων του μετασχηματιστή υπό φορτίο, χρειάζεται να υπολογίσουμε το ανηγμένο στο πρωτεύον ωμικό-χωρητικό φορτίο , το ρεύμα , την τάση , την εμπέδηση και την τάση , από την οποία θα υπολογίσουμε την .

Γνωρίζουμε τα ανηγμένα στο πρωτεύον μεγέθη , , αλλά και την εμπέδηση .

Υπολογίζουμε το φορτίο , και στη συνέχεια το ανηγμένο στο πρωτεύον .

Υπολογίζουμε το ρεύμα .

Ισχύει ότι .

Παρατηρούμε από το τελικό αποτέλεσμα της ότι υπάρχει απόκλιση από το αντίστοιχο αποτέλεσμα της προσομοίωσης, επομένως, η μαθηματική επίλυση μέσω θεωρήματος Thevenin ενδέχεται να μην είναι η καλύτερη επιλογή.