

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ

ЛЕШКО ОЛЕКСАНДР СТАНІСЛАВОВИЧ

УДК 65.011.56

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ ШИРОТНО-
ІМПУЛЬСНОЇ МОДУЛЯЦІЇ ПЕРЕТВОРЮВАЧА ТРИФАЗНОГО
ДВИГУНА В СИСТЕМІ АВТОМАТИЗАЦІЇ**

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Автореферат
магістерської роботи
на здобуття кваліфікації магістра з автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих
технологій

Миколаїв – 2019

Робота виконана у Чорноморському національному університеті
ім. Петра Могили.

Керівник: кандидат технічних наук, доцент
Кубов Володимир Ілліч,
ЧНУ ім. Петра Могили,
доцент кафедри АКІТ

Рецензент: Доцент кафедри суднових електроенергетичних систем
НУК ім. адм. Макарова, канд. техн. наук,
Новогрецький Сергій Миколайович

Консультант: д-р біол. наук, професор
Томілін Юрій Андрійович,
ЧНУ ім. Петра Могили,
професор кафедри екології Медичного інституту

Захист відбудеться « 26 » червня 2019 р. о 10⁰⁰ на засіданні Державної
екзаменаційної комісії в ЧНУ ім. Петра Могили, ауд. 2-407

З магістерською роботою можна ознайомитись на сайті ЧНУ ім. Петра Могили
за посиланням <http://chmnu.edu.ua>

Автореферат оприлюднений « 24 » червня 2019 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В сучасних системах автоматизації в якості силового електроприводу широко використовуються системи на основі асинхронних електродвигунів, що живляться від частотних перетворювачів. Частотні перетворювачі дозволяють використовувати значно дешевші асинхронні двигуни замість колекторних електродвигунів. Такі перетворювачі дозволяють гнучко керувати швидкістю та пусковими характеристиками електродвигуна. Від якості роботи перетворювача залежить надійність та ефективність системи електроприводу.

В частотних перетворювачах використовуються різноманітні алгоритми та схеми формування вихідних послідовностей імпульсів – простіші і, відповідно, дешевші, та більш складні – більш дорогі. Для того, щоби мати можливість оцінки доцільності конкретного рішення у кожному конкретному випадку бажано мати інструментарій для досліджень та порівняння різних імпульсних послідовностей частотних перетворювачів.

Мета: автоматизація процесу теплових вимірювань та нанесення температурних даних на комп'ютерну карту місцевості.

Для досягнення мети в бакалаврській роботі поставлені та вирішені наступні **задачі:**

- аналіз існуючих алгоритмів і методів, що реалізують побудову теплових карт на основі зібраних даних;
- аналіз існуючої бази пристроїв для дослідження та аналізу поточної температури об'єктів;
- розробка аналітичної моделі формування теплової карти та розрахунку її статистичних показників;
- розробка програмного застосунку для пошуку теплових втрат інженерних комунікацій на основі дослідження теплових карт місцевості.

Об'єкт: методи та засоби перетворення частоти струму для максимальної ефективності роботи трифазного двигуна.

Предмет: алгоритм роботи широтно-імпульсної модуляції перетворювача трифазного асинхронного двигуна системи автоматизації.

Використані методи: методи теорії кольору для розробки аналітичної моделі формування теплових карт, методи апаратних безконтактних вимірювань температури, методи бездротової передачі інформації, метод фільтрації зображення за допомогою функції Гауса.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається з анотації на 2 сторінках, вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посиланнями з 25 найменувань, 2 додатків на 4 сторінках. Основна частина роботи становить 95 сторінок, серед котрих 27 рис. та 4 табл.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі подано обґрунтування актуальності теми магістерської роботи, зазначено її зв'язок із науковою програмою, планами і темами, сформульовано мету та завдання дослідження, вказано практичне значення одержаних результатів, наведено відомості про апробацію результатів роботи та публікації автора. Задача побудови теплових карт набуває своєї актуальності разом з поширенням мобільних пристроїв, які, з одного боку, не мають високої обчислювальної здатності, а з іншого – є платформою для впровадження нових інформаційно-вимірювальних систем.

У першому розділі магістерської роботи **«Дослідження та оптимізація алгоритму широтно-імпульсної модуляції перетворювача трифазного двигуна в системі автоматизації»**, проведено огляд аналітичних даних щодо використання трьохфазних асинхронних двигунів в сучасних системах автоматизації в якості силового електроприводу, що живляться від частотних перетворювачів. Частотні перетворювачі дозволяють використовувати значно дешевші асинхронні двигуни замість колекторних електродвигунів. Такі перетворювачі дозволяють гнучко керувати швидкістю та пусковими характеристиками електродвигуна. Від якості роботи перетворювача залежить надійність та ефективність системи електроприводу.

У другому розділі магістерської роботи **«Дослідження та оптимізація алгоритму широтно-імпульсної модуляції перетворювача трифазного двигуна в системі автоматизації»**, проводиться дослідження імпульсного магнітного поля статора трьохфазного електродвигуна у порівнянні з ідеальним випадком магнітного поля створеного синусоїдальним струмом. Проведено дослідження вихідної імпульсної послідовності на виході SPICE-моделі спрощеного частотного перетворювача. Виконано дослідження траєкторії руху вектора магнітного поля для різних імпульсних послідовностей. Робиться порівняння траєкторій вектора з випадком ідеального руху вздовж кругової траєкторії, якій відповідає магнітне поле, створене синусоїдальним струмом.

Проведено аналіз впливу елементів фільтрації вихідного струму та напруги на поступовість руху вектора магнітного поля. Окремо враховується вплив індуктивності та власного опору обмоток статора електродвигуна.

У **третьому розділі** магістерської **«Дослідження та оптимізація алгоритму широтно-імпульсної модуляції перетворювача трифазного двигуна в системі автоматизації»** Проведено аналіз схеми частотного перетворювача із спрощеним алгоритмом формування імпульсної послідовності. Проведено дослідження напруг та струмів на виході SPICE-моделі частотного перетворювача.

Виконано дослідження траєкторії руху вектора магнітного поля для різних імпульсних послідовностей. Робиться порівняння траєкторій вектора з випадком ідеального руху вздовж кругової траєкторії, якій відповідає магнітне поле, створене синусоїдальним струмом..

Проведено аналіз впливу елементів фільтрації вихідного струму та напруги на поступовість руху вектора магнітного поля. Окрім того враховується вплив індуктивності та власного опору обмоток статора електродвигуна.

Додатки містять екрани досліджень в LT-SPICE поведінки вектора магнітного поля різних характеристик роботи частотного перетворювача.

У **спеціальній частині «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»** наведено аналіз факторів виробничого середовища у приміщенні на підприємстві ФОП «АНТОНИЧЕВ О.О.», а також визначений вплив цих факторів на здоров'я та працездатність працівників. Слід зазначити, що було встановлено відповідність всіх розглянутих показників чинним санітарним нормам та виявлено, що умови праці в ФОП «АНТОНИЧЕВ О.О.» є оптимальними.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання дипломної роботи:

- 1) Були встановлені переваги та особливості частотних перетворювачів (інверторів)
- 2) Завдяки застосуванню частотних перетворювачів можна вирішувати будь-які завдання автоматизації виробничого процесу, заощаджувати електроенергію, а також захищати обладнання від перегріву, перевантажень і т.д
- 3) Сферою використання асинхронних двигунів та частотних перетворювачів є:

ліфтове обладнання; насосні станції, котлоагрегатори, ТЕЦ, ТЕС; центрифуги; дробарки; транспортери, конвеєри; екскаваторне і кранове обладнання; верстатне обладнання; дозатори і т.д.

При цьому використання частотних перетворювачів дозволяє домогтися оптимізації виробничого процесу та суттєвої економії електрики - до 40%. Крім того, результатом впровадження такої технології стає поліпшення продуктивності, забезпечення стабільної роботи обладнання, зниження його зносу і поліпшення якісних характеристик готової продукції.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. **Лешко О.С** Дослідження та оптимізація алгоритму широтно-імпульсної модуляції перетворювача трифазного двигуна в системі автоматизації. *Студентські наукові студії* : молодіжн. наук. журн. / Чорномор. нац. ун-т ім. Петра Могили. 2019. Вип. 25(69). С. 56–59.

АНОТАЦІЯ

Лешко О.С Дослідження та оптимізація алгоритму широтно-імпульсної модуляції перетворювача трифазного двигуна в системі автоматизації – Кваліфікаційна магістерська робота із спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. – Чорноморський національний університет імені Петра Могили, 2019.

Асинхронні електродвигуни широко використовуються у сучасних системах автоматизації. Асинхронні двигуни мають певні недоліки, які значно звужували сферу їх можливого керування. А саме, складність керування швидкістю та погані пускові характеристики. Для усунення цих недоліків для живлення асинхронних двигунів в сучасних системах автоматизації використовуються частотні перетворювачі. Такі перетворювачі дозволяють гнучко керувати як швидкістю так і пусковими характеристиками електродвигуна. Від якості роботи перетворювача залежить надійність та ефективність системи електроприводу.

В частотних перетворювачах використовуються різноманітні алгоритми та схеми формування вихідних послідовностей імпульсів – простіші і, відповідно, дешевші, та більш складні – більш дорогі. Для того, щоб мати можливість оцінки доцільності конкретного рішення у кожному конкретному випадку бажано мати інструментарій для досліджень та порівняння різних імпульсних послідовностей частотних перетворювачів.

В ідеальному випадку рівномірного обертання ротора електродвигуна з постійним навантаженням магнітне поле статора відповідає обертанню вектора магнітного поля. Кінець вектора рухається вздовж кола з постійною швидкістю. Це відповідає найбільш ефективним умовам роботи електродвигуна. В умовах імпульсного живлення обмоток статора траєкторія вектору магнітного поля може суттєво відхилятися від кола, і магнітне поле може змінюватися стрибками. А це може приводити до нерівномірного руху ротора, що небажано через виникнення вібрацій у системі електроприводу. Окрім того це зменшує

коефіцієнт потужності електричної мережі, та збільшує рівень електричних завад обумовлених гармоніками струму.

Пояснювальна записка бакалаврської роботи складається зі вступу, трьох розділів, висновків, переліку джерел посилання, 2 додатків та спеціальної частини з охорони праці.

У **вступі** визначається актуальність теми, наведені задачі, які заплановано вирішити для досягнення поставленої мети. У першому розділі проводиться аналіз використання асинхронних двигунів в сучасних системах автоматизації. У другому розділі проведено аналітичний огляд методів побудови систем автоматизації з використанням перетворювачів частоти для асинхронних двигунів. У третьому розділі розроблено програмне забезпечення віртуальної системи частотного перетворювача та асинхронного двигуна. У спеціальній частині з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях проаналізовано систему заходів і засобів по запобіганню впливу на людину несприятливих факторів, які супроводжують роботу працівника Інженерних технологій. Виконано аналіз освітлення та мікрокліматичних умов на робочому місці, управління цивільним захистом на підприємстві у разі виникнення пожежі.

Магістерська робота містить 95 с. (без додатків), 27 рис., 4 табл., 25 джерел посилання та 2 додатки.

ABSTRACT

Leshko O. Research and optimization of the pulse-width modulation algorithm of the three-phase motor converter in the automation system - Qualification master's degree in specialty 151 Automation and computer-integrated technologies. - Petro Mohyla Black Sea National University, 2019.

Asynchronous electric motors are widely used in modern automation systems. Asynchronous motors have certain disadvantages, which greatly narrowed the scope of their possible control. Namely, the complexity of speed management and poor performance. To eliminate these shortcomings for the supply of asynchronous motors

in modern automation systems, frequency converters are used. Such converters allow flexible control of the speed and starting characteristics of the electric motor. The reliability and efficiency of the electric drive system depends on the quality of the converter.

In frequency converters various algorithms and circuits for the formation of output pulses are used - simpler and, accordingly, cheaper, and more complex - more expensive. In order to be able to assess the appropriateness of a particular solution in each case, it is desirable to have a tool for research and comparison of various pulse sequences of frequency converters.

In the ideal case of uniform rotation of a rotor of an electric motor with a constant load, the magnetic field of a stator corresponds to the rotation of the vector of a magnetic field. The end of the vector moves along a circle with constant speed. This corresponds to the most efficient operating conditions of the electric motor. In the conditions of the pulse power supply of the stator windings, the trajectory of the magnetic field vector can essentially deviate from the circle, and the magnetic field can vary with jumps. And this can lead to uneven rotor movement, which is undesirable due to the occurrence of vibrations in the system of the electric drive. In addition, it reduces the power factor of the electrical network, and increases the level of electrical interference caused by harmonics of current.

Explanatory note on bachelor work consists of an introduction, three sections, conclusions, a list of sources of reference, 2 applications and a special part on labor protection.

The introduction determines the relevance of the topic, sets out the tasks that are scheduled to be solved to achieve the goal. The first section analyzes the use of asynchronous motors in modern automation systems. In the second section an analytical review of the methods of constructing automation systems using frequency converters for asynchronous motors is conducted. In the third section, the software of the virtual system of the frequency converter and the asynchronous motor is developed. In the special section on occupational safety and security in emergency

situations, a system of measures and means has been analyzed for preventing the adverse effects on the person of the adverse factors that accompany the work of an engineering technician. Analysis of lighting and microclimatic conditions in the workplace, management of civil protection at the enterprise in the event of a fire.

Master's thesis contains 95 s. (without appendices), 27 fig., 4 tabl., 25 sources of reference and 2 applications.