

расположения. Установлено, что наибольшие теплопотери в телятнике возникают через ограждающие конструкции и вентиляцию в зависимости от внешней температуры. Вычислены основные технические характеристики теплового насоса и проведен их анализ.

Ключевые слова: *тепловой насос, теплонасосная система, система отопления, тепловая нагрузка*

INCREASE OF POWER EFFICIENCY OF THE SYSTEM OF HEATING OF STOCK-RAISING APARTMENTS.

S. V. Gaydukevich, L. S. Kolodiychuk, M. V. Potapenko, N. P. Semenova

Abstract. *Possibilities of the use of thermal pumps are analysed for the increase of power efficiency of the systems of heating of stock-raising apartments, on the example of calf-house on 600 heads. Monitoring of expense and receipt of warmth is conducted depending on the change of the thermal mode of agricultural apartment and environment and set dependence between these indexes. Thermal balance of object of research is made and expected the thermal loading coming the terms of providing of temperature condition from depending on the type of animals, heat conductivity of barriering constructions and climatic area of location. It is set that most thermal losses in a calf-house arise up through barriering constructions and ventilation depending on an external temperature. Basic technical descriptions of thermal are calculated to the pump and conducted their analysis.*

Keywords: *thermal pump, thermal pump system, system of heating, thermal loading*

УДК 621.3.067

ДОСЛІДЖЕННЯ НА МОДЕЛІ В MatLab СПЕКТРА ВИХІДНОЇ НАПРУГИ ТА СТРУМУ ОДНОФАЗНОГО ТИРИСТОРНОГО РЕГУЛЯТОРА ЗА РОБОТИ НА RL-НАВАНТАЖЕННЯ

І. М. ГОЛОДНИЙ, кандидат технічних наук, доцент

О. В. САНЧЕНКО, аспірант*

**Національний університет біоресурсів
і природокористування України**

E-mail: golodnyi@ukr.net

Анотація. *Сучасний асинхронний регульований електропривод базується на використанні напівпровідникових перетворювачів різних типів, дослідженню електромагнітних процесів в яких приділено мало*

* Науковий керівник – кандидат технічних наук, доцент І. М. Голодний

© І. М. Голодний, О. В. Санченко, 2017

уваги. що пояснюється складністю чи високою вартістю їх проведення. З розвитком комп'ютерного моделювання з'явилась можливість поглибити дослідження даних процесів.

У роботі викладено результати досліджень електромагнітних процесів тиристорного регулятора напруги за допомогою комп'ютерного моделювання щодо зменшення часу і витрат.

Аналіз спектрального складу вихідної напруги напівпровідникових перетворювачів за обраного способу керування проводився з вико- ристанням положень теорії електричних кіл синусоїдального і несинусоїдального періодичного струму та комп'ютерного моделювання в системі MatLab.

Для проведення аналізу характеристик однофазного тиристорного регулятора напруги з фазо-імпульсним керуванням розроблена в MatLab комп'ютерна модель, силове коло якої складається з джерела змінної напруги, двох тиристорів, з'єднаних зустрічно-паралельно та активно-індуктивного навантаження. Результати досліджень візуалізувалися за допомогою віртуальних вимірювальних приладів.

На створеній комп'ютерній моделі проведені дослідження гармонічного складу вихідної напруги та струму, а також отримана регулювальна характеристика регулятора, яка має нелінійну залежність. За зменшення кута відкривання α до 40° вихідна напруга тиристорного регулятора майже не змінюється, після 40° – напруга різко зменшується. Спектр вихідної напруги та струму вміщує всі непарні гармоніки. Коефіцієнт гармонік вихідної напруги та струму різко зростає за зниження вихідної напруги менше 100 В.

Результати досліджень придатні для використання за розробки однофазного тиристорного регулятора напруги для регульованого асинхронного електропривода.

Ключові слова: вищі гармоніки, напівпровідникові перетворювачі напруги, регулювальна характеристика, спектральний аналіз, форма кривої напруги

Актуальність. Для регульованого асинхронного електропривода часто використовують напівпровідникові перетворювачі напруги, зокрема, тиристорні регулятори [1], дослідженню гармонічного складу вихідної напруги і струму, інших робочих характеристик яких приділяється мало уваги в технічній літературі. Це пов'язано зі складністю чи високою вартістю проведення таких досліджень класичними методами. З розвитком комп'ютерного моделювання з'явилась можливість поглибити дослідження електромагнітних процесів в напівпровідникових перетворювачах напруги. Розробці вказаного напрямку і присвячена дана робота.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Для малопотужних асинхронних двигунів з коротко-замкнутим ротором порівняно нескладно регулювати швидкість зміною напруги на статорі, оскільки вони мають м'яку механічну характеристику на робочій частині. Найбільш простими і дешевими для вказаного регулювання є регулятори амплітуди напруги живлення [1, 2].

Мета дослідження – зменшення часу і витрат за досліджень електромагнітних процесів тиристорного регулятора напруги за допомогою комп'ютерного моделювання.

Матеріали і методи дослідження. Аналіз спектрального складу вихідної напруги напівпровідникових перетворювачів за вибраного способу керування проводився з використанням положень теорії електричних кіл синусоїдального і несинусоїдального періодичного струму та комп'ютерного моделювання в системі MatLab [3].

Результати досліджень та їх обговорення. Для проведення аналізу характеристик однофазного тиристорного регулятора напруги із фазо-імпульсним керуванням розроблена його модель (рис. 1). Силowe коло перетворювача складається з джерела змінної напруги AC Voltage Source, двох тиристорів Thyristor і Thyristor 1, з'єднаних зустрічно-паралельно та активно-індуктивного навантаження Series RLC Branch.

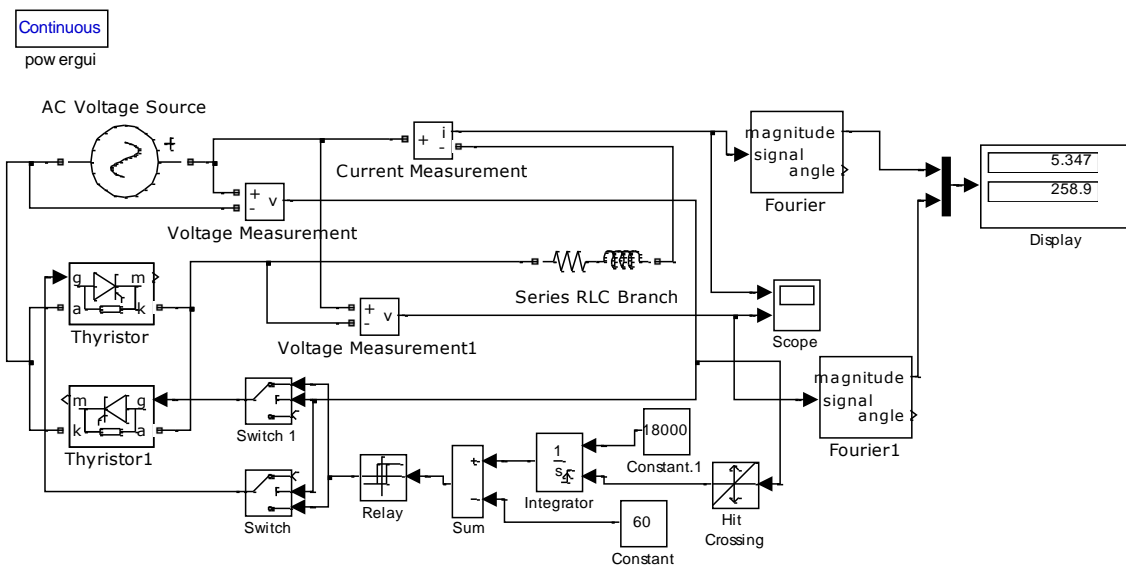


Рис. 1. Модель перетворювача напруги з фазо-імпульсним керуванням

Активний опір в навантаженні складає $R_{HAB} = 48$ Ом, індуктивність – $L_{HAB} = 0,0197$ Гн. Аналогічні значення має асинхронний двигун АИРП80-А6У2 приводу осьового вентилятора ВО-Ф-5,6А. Параметри однофазного джерела синусоїдальної напруги наступні: амплітуда напруги – 310 В; частота струму – 50 Гц.

Схема керування тиристорами складається з блоків Constant 1, Hit Crossing, Integrator, які реалізують генератор синхронізованої пилкоподібної напруги. Цей генератор через узгоджуючий блок Voltage Measurement керується від мережі живлення AC Voltage Source. Блоки Sum і Relay реалізують формувач імпульсів, а блоки Switch, Switch 1 – розподільник імпульсів, сигнали яких надходять на керуючий вхід "g" тиристорів. Вказані блоки працюють так. Якщо сигнал керування, що подається на вхід, більший за сигнал порогового значення, то на вихід

блока надходить сигнал з першого (верхнього) входу. Якщо сигнал керування менший порогового значення, то на вихід блока буде надто- дити сигнал з другого (нижнього) входу. Блок Swich керує тиристором Thyristor, що пропускає позитивну півхвилю, блок Swich 1 – тиристором Thyristor 1, що пропускає негативну півхвилю джерела живлення.

Вхідний сигнал керування створюється блоком Constant, величина константи відповідає куту відкривання тиристора α . Від значення кута відкривання тиристорів залежить величина напруги на виході перетворювача.

В схемі керування тиристорами використано інтегруючий блок (Integrator) із зовнішнім скиданням сигналу до нульового значення. Порядок роботи Integrator наступний: вхідний постійний сигнал від блока Constant перетворюється інтегратором у лінійно змінний. За надходження сигналу від блока Hit Crossing (момент, коли синусоїда напруги джерела живлення має нульове значення) на порт зовнішнього скидання f інтегратора відбудеться скидання вихідного сигналу інтегратора до початкового нульового значення. В результаті на виході інтегратора формується пилкоподібний сигнал, синхронізований з синусоїдою напруги джерела живлення

Релейний блок Relay створює релейну нелінійність. Вихідний сигнал блока може приймати два значення. Одне з них відповідає ввімкненому стану реле, інше – вимкненому. Перехід від одного стану в інший відбувається стрибком за досягнення вхідним сигналом порогу вмикання або вимикання реле. Якщо пороги вмикання і вимикання реле мають різні значення, то блок реалізує релейну характеристику з гістерезисом. При цьому значення порогу вмикання більше, ніж значення порогу вимикання. Величина сигналу у ввімкненому стані дорівнює 1, а у вимкненому – 0.

Блоки Fourier і Fourier 1, які під'єднанні відповідно через узгоджуючі блоки Current Measurement і Voltage Measurement 1 призначені для вимірювання складових гармонік струму і напруги на виході регулятора, амплітудні значення яких виведені на Display. У вікні настроювання параметрів блоків Fourier і Fourier 1 вказують одиничну величину для вимірювання амплітуду першої гармоніки.

Блок Scope призначений для вимірювання миттєвих значень струму і напруги на навантаженні.

Аналіз спектрального складу струму і напруг проводиться за допомогою блоку Scope з використанням блоку Powergui.

На рис. 2 наведені форми кривих струму та напруги на навантаженні.

З рисунка видно, що за подачі керуючого сигналу на Thyristor позитивної півхвилі він відкривається, струм в результаті наявності індуктивності в навантаженні зростає не стрибком, а плавно. Причому, коли напруга фази, що живить тиристор, проходить через нуль, струм не зникає, а під дією ЕРС самоіндукції, яка створюється індуктивністю навантаження $L_{НАВ}$, продовжує протікати ще деякий час, переборюючи від'ємну напругу живлення фази. Тиристор закривається з деяким

запізненням, коли струм через нього досягає нульового значення. Величина ділянки зворотної напруги залежить від величини індуктивності в навантаженні. В результаті на ділянці від кута закривання Thyristor позитивної півхвилі до кута відкривання Thyristor 1 від'ємної півхвилі відбувається розрив струму в колі, або як його називають – переривистий режим. За зменшення кута відкривання α інтервал провідності одного тиристора може перекрити момент відкривання іншого тиристора, тобто настає режим непереривного струму. В такому випадку напруга на виході тиристорного регулятора стає рівною напрузі живлення.

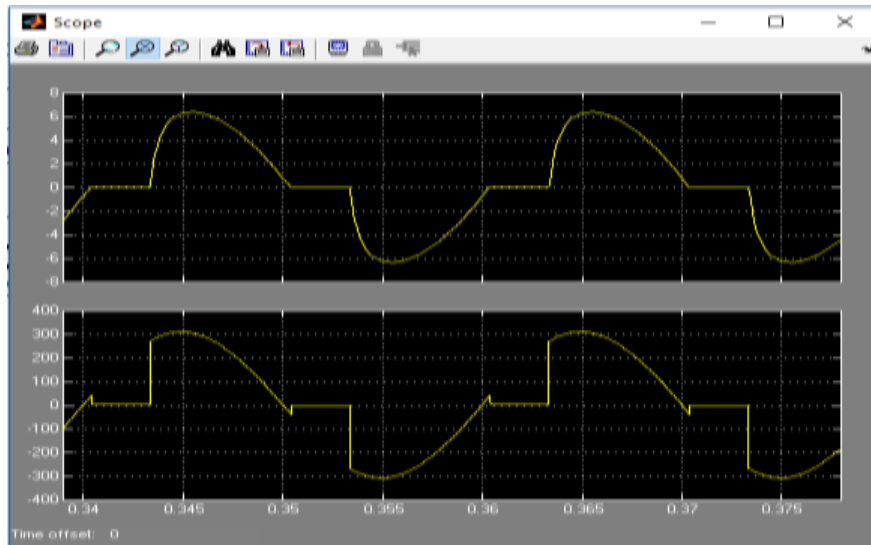


Рис. 2. Миттєві значення струму (верхня крива) і напруги (нижня крива) на навантаженні ($\alpha = 60^\circ$, $R_{НАВ} = 48 \text{ Ом}$, $L_{НАВ} = 0,0197 \text{ Гн}$)

Однією із важливих особливостей тиристорного регулятора напруги є його властивість регулювати значення вихідної напруги за зміни кута α . Залежність амплітуди основної гармоніки вихідної напруги від кута відкривання α наведена на рис. 3.

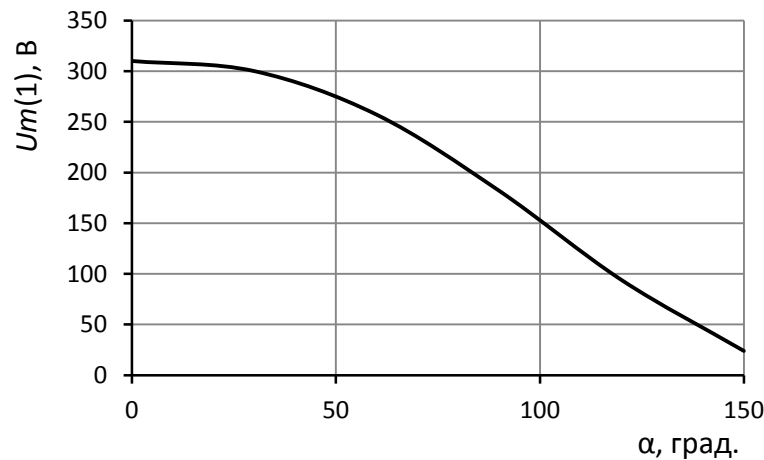


Рис. 3. Регульовальна характеристика тиристорного регулятора напруги

На ділянці за α від 0^0 до γ (γ – кут зтягування закривання тиристора) вихідна напруга відповідає напрузі мережі, за $\alpha = 90 + \gamma$ вихідна напруга в два рази менша напруги живлення. За $\alpha = 180^0$ вихідна напруга дорівнює нулю.

Спектр вихідної напруги та струму, наведений на рис. 4, вміщує всі непарні гармоніки.

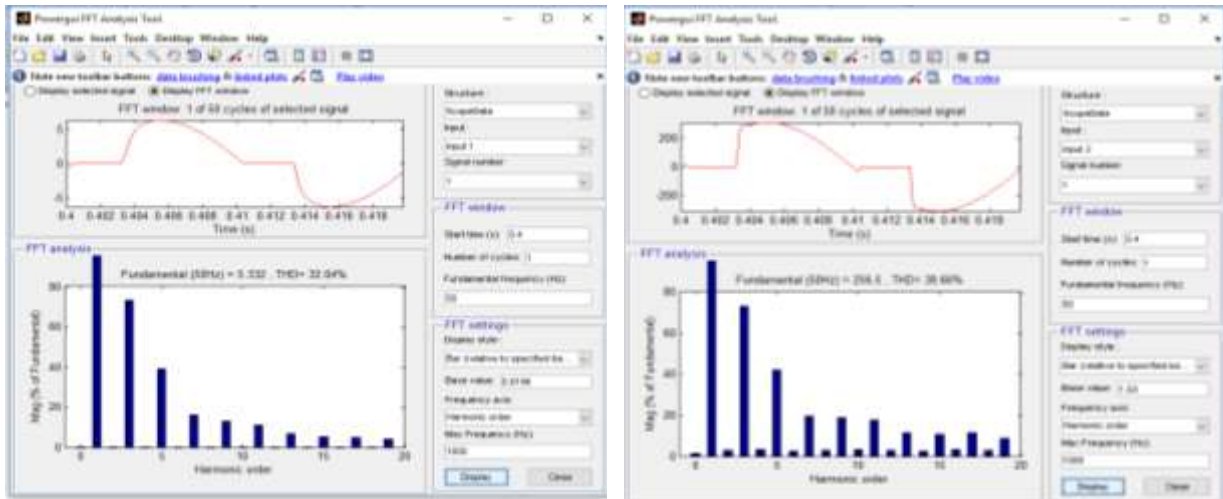


Рис. 4. Спектр струму (а) та напруги (б) однофазного тиристорного регулятора за $\alpha = 60^0$

На рис. 5 наведені залежності відносних амплітуд гармонік від вихідної напруги. З рисунка видно, що в процесі регулювання у разі зменшення вихідної напруги 3 гармоніка наближується до основної, що спотворює форму напруги і струму навантаження.

На рис. 6 наведена залежність коефіцієнта гармонік (THD – Total Harmonic Distorsion) напруги та струму на навантаженні від вихідної напруги. Із залежності видно, що у разі зниження вихідної напруги менше 100 В різко зростає коефіцієнт гармонік.

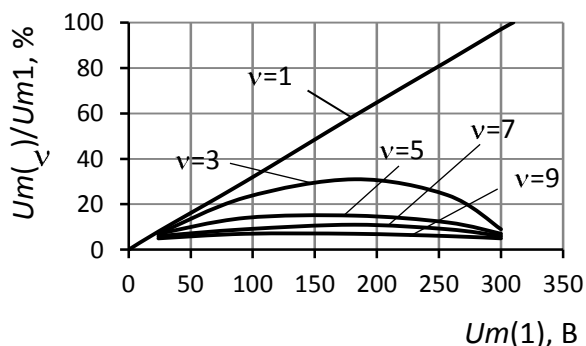


Рис. 5. Гармонічний склад вихідної напруги тиристорного регулятора

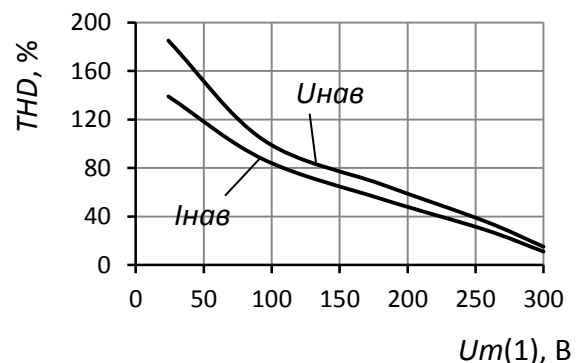


Рис. 6. Залежність THD від вихідної напруги регулятора

Висновки і перспективи. Дослідженнями встановлено, що тиристор закривається з деяким запізненням, коли струм через нього досягає нульового значення. Величина ділянки зворотної напруги залежить від величини індуктивності в навантаженні.

Регульовальна характеристика має нелінійну залежність, у разі зменшення кута відкривання α до 40° вихідна напруга тиристорного регулятора майже не змінюється, після 40° – напруга різко зменшується.

Спектр вихідної напруги та струму вміщує всі непарні гармоніки

Коефіцієнт гармонік вихідної напруги та струму різко зростає у разі зниження вихідної напруги менше 100 В.

Результати досліджень придатні для використання за розробки однофазного тиристорного регулятора напруги для регульованого асинхронного електропривода.

Список використаних джерел

1. Регульований електропривод: підручник для студ. вищ. навч. закладів / за ред. І. М. Голодного. – К.: ТОВ "ЦП "Компринт", 2015. – 509 с.
2. Глазенко, Т. А. Полупроводниковые системы импульсного асинхронного электропривода малой мощности / Т. А. Глазенко, В. И. Хрисанов. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1983. – 170 с.
3. Герман-Галкин, С. Г. Силовая электроника: Лабораторные работы на ПК: учебное пособие для студ. вузов / С. Г. Герман-Галкин. – Санкт-Петербург: КОРОНА принт, 2002. – 304 с.

References

1. Golodnyi, I. M. ed. (2015) Adjustable Electric [Regulovanyi elektropyvod]. "ZP "Komprynt ", 509.
2. Glazenko, T. A., Khrisanov, V. I (1983) The semiconductor system of low power asynchronous electric pulse [Napivprovodnykovi systemy impulsnoho asynkhronnoho elektropyvodv maloiu potuzhnosti]. Energoatomisdat, Leningrad. dep-tion., 170.
3. German-Galkin, S. G. (2002) Power Electronics: Laboratory work on the PC: [Sylova elektronika: laboratorni roboty na PK]. Petersburg: CROWN print, 304.

ИССЛЕДОВАНИЕ НА МОДЕЛИ В MatLab СПЕКТРА ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА ОДНОФАЗНОГО ТИРИСТОРНОГО РЕГУЛЯТОРА, РАБОТАЮЩЕГО НА RL-НАГРУЗКУ

И. М. Голодный, О. В. Санченко

Аннотация. Современный асинхронный регулируемый электропривод базируется на использовании полупроводниковых преобразователей различных типов, для которых мало уделено внимания исследованиям электромагнитных процессов. Это связано с сложностью или высокой стоимостью проведения таких исследований.

С развитием компьютерного моделирования появилась возможность углубить исследования данных процессов.

Целью работы является уменьшение времени и расходов на исследования электромагнитных процессов тиристорного регулятора напряжения при помощи компьютерного моделирования.

Анализ спектрального состава выходного напряжения полупроводниковых преобразователей проводился с использованием положений теории электрических цепей синусоидального и несинусоидального периодического тока и компьютерного моделирования в системе MatLab.

Для проведения анализа характеристик однофазного тиристорного регулятора напряжения с фазоимпульсным управлением разработана в MatLab компьютерная модель, силовая часть которой состоит из источника переменного напряжения, двух тиристоров, соединенных встречно-параллельной и активно-индуктивной нагрузки. Результаты исследований визуализировались с помощью виртуальных измерительных приборов.

На созданной компьютерной модели проведены исследования гармонического состава выходного напряжения и тока, а также получена регулировочная характеристика регулятора.

Регулировочная характеристика имеет нелинейную зависимость, при уменьшении угла открывания α до 40° выходное напряжение регулятора изменяется незначительно, после 40° – напряжение резко уменьшается. Спектр выходного напряжения и тока содержит все нечетные гармоники. Коэффициент гармоник выходного напряжения и тока резко возрастает при снижении выходного напряжения ниже 100 В.

Результаты исследований могут быть использованы при разработке однофазного тиристорного регулятора напряжения для регулируемого асинхронного электропривода.

Ключевые слова: высшие гармоники, полупроводниковые преобразователи напряжения, регулировочная характеристика, спектральный анализ, форма кривой напряжения

STUDY ON SPECTRUM MODEL IN MatLab OUTPUT VOLTAGE AND CURRENT SINGLE PHASE THYRISTOR FUELLED BY RL-LOAD

I. Golodnyi, A. Sanchenko

Abstract. Modern adjustable asynchronous electric drive is based on the use of semiconductor converters of various types, for which little attention is paid to the research of electromagnetic processes. This is due to the complexity or high cost of such research. With the development of computer modeling an opportunity to deepen the study of these processes has appeared.

The aim of this work is to reduce the time and costs for research of electromagnetic processes of thyristor voltage regulator with the help of computer simulation.

The materials and methods of research. Analysis of the spectral composition of the output voltage of semiconductor converters for the selected control method was carried out using the provisions of the theory of electrical circuits with sinusoidal and non-sinusoidal periodic current and computer simulations in MatLab system.

The results of the research. For analysing the characteristics of single-phase thyristor voltage regulator with phase-pulse control of a computer model in MatLab was developed, power circuit of which consists of a source of alternating current, two thyristors connected in anti-parallel and active-inductive load. The results of the research were visualized with the use of virtual instrumentation.

On the created computer model of the investigations of the harmonic composition of output voltage and current were conducted, and regulated characteristic of the regulator was achieved.

Conclusion and perspectives. Control characteristic has a nonlinear dependence, with a decrease of the opening angle α до 40° the output voltage of the thyristor regulator is almost unchanged, after 40° voltage decreases sharply. Spectrum of output voltage and current contains all odd harmonics. Harmonic coefficient of voltage and current increases abruptly with lowering the output voltage less than 100 V.

The results of investigations can be used in the development of single-phase thyristor voltage regulator for the controlled asynchronous electric drive.

*Keywords: the computer model, harmonics, voltage converters semiconductor, **spectral analysis**, waveform voltage*

УДК 37: 004

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРАМНОГО СЕРЕДОВИЩА MATLAB ЗА ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ДИСЦИПЛІН

В. Ю. РАМШ, кандидат технічних наук, доцент

М. В. ПОТАПЕНКО, старший викладач

Н .П. СЕМЕНОВА, старший викладач

ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»

E-mail: m.potapenko@i.ua

О. О .СЕМЕНОВ, викладач

ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний коледж»

E-mail: semenov@kolege.bati.ber.te.ua

Анотація. Розглянуто питання удосконалення навчального процесу шляхом впровадження інформаційних технологій. Доцільним є

© В. Ю. Рамш, М. В. Потапенко,
Н .П. Семенова, О. О .Семенов, 2017