

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЬОХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА З ТИРИСТОРНИМ РЕГУЛЯТОРОМ НАПРУГИ

І. М. Голодний, кандидат технічних наук, доцент
О. Ю. Синявський, кандидат технічних наук, доцент
*О.В. Санченко, аспірант**
E-mail: golodnyi@ukr.net

Анотація. Сучасний асинхронний регульований електропривод базується на використанні напівпровідникових перетворювачів напруги різних типів, для яких, із-за складності чи високої вартості, мало приділено уваги дослідженню різних робочих характеристик. З розвитком комп'ютерного моделювання з'явилась можливість поглибити дослідження цих процесів.

Метою роботи є зменшення часу і витрат при дослідженнях регульованого асинхронного електропривода за допомогою комп'ютерного моделювання та підтвердження адекватності отриманих результатів на моделі та фізичній установці.

Аналіз робочих характеристик регульованого електропривода при вибраному способі керування проводився з використанням положень теорії електропривода та статистичних методів обробки результатів досліджень на фізичній та комп'ютерній моделі в системі MatLab.

Для проведення аналізу характеристик трифазного регульованого асинхронного електропривода з тиристорним регулятором напруги з фазо-імпульсним керуванням розроблена в MatLab комп'ютерна модель, силовий блок якої складається з джерела змінної напруги, двох тиристорів в кожній фазі, з'єднаних зустрічно-паралельно та електродвигуна АИРП80А6У2. Результати досліджень візуалізувалися за допомогою віртуальних вимірювальних приладів.

На створеній комп'ютерній моделі та лабораторній установці регульованого електропривода вентиляційної установки з тиристорним регулюванням напруги станцією керування „Кліматика -1” отримані енергетична та регульовальна характеристики.

Аналіз результатів досліджень підтвердили адекватність комп'ютерної моделі реальним характеристикам електропривода, відхилення показів не перевищує 5 %.

Результати досліджень на комп'ютерній моделі придатні для використання при розробці трифазного регульованого електропривода з тиристорним регулятором напруги з фазо-імпульсним керуванням.

Ключові слова: напівпровідникові перетворювачі напруги, регульовальна характеристика, енергетична характеристика, комп'ютерна модель

Актуальність. Для регульованого асинхронного електропривода часто використовують напівпровідникові перетворювачі напруги, зокрема тиристорні регулятори [1], для яких в технічній літературі мало приділяється уваги дослідженню робочим характеристикам. Це пов'язано зі складністю чи високою вартістю проведення таких досліджень. З розвитком комп'ютерного моделювання з'явилася можливість поглибити дослідження різних робочих характеристик електропривода та порівняти отримані результати з фактичними даними реального електропривода вентиляційної установки зі станцією керування "Кліматика-1".

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Для малопотужних асинхронних двигунів з короткозамкненим 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] електроприводів з вентиляторним навантаженням.

Мета дослідження – зменшення часу і витрат при дослідженнях регульованого асинхронного електропривода за допомогою комп'ютерного моделювання та підтвердження адекватності отриманих результатів на комп'ютерній моделі з результатами реального регульованого електропривода вентиляційної установки.

Матеріали і методика дослідження. Аналіз робочих характеристик регульованого електропривода при вибраному способі керування проводився з використанням положень теорії електропривода та статистичних методів обробки результатів досліджень на фізичній та комп'ютерній моделі в системі MatLab [3].

Результати досліджень та їх обговорення. Для проведення аналізу характеристик розроблена модель трифазного асинхронного електропривода (рис. 1), яка складається з асинхронного двигуна АИРП80-А6У2, параметри якого наведені у вікні настройки двигуна (рис. 2). Двигун має підвищений опір обмотки ротора, що обумовлює підвищене ковзання при номінальному моменті,

підвищений пусковий момент та невелику кратність пускового струму. Завдяки цьому цей двигун при вентиляторному навантаженні допускає регулювання частоти обертання в широкому діапазоні зміною підведеної напруги.

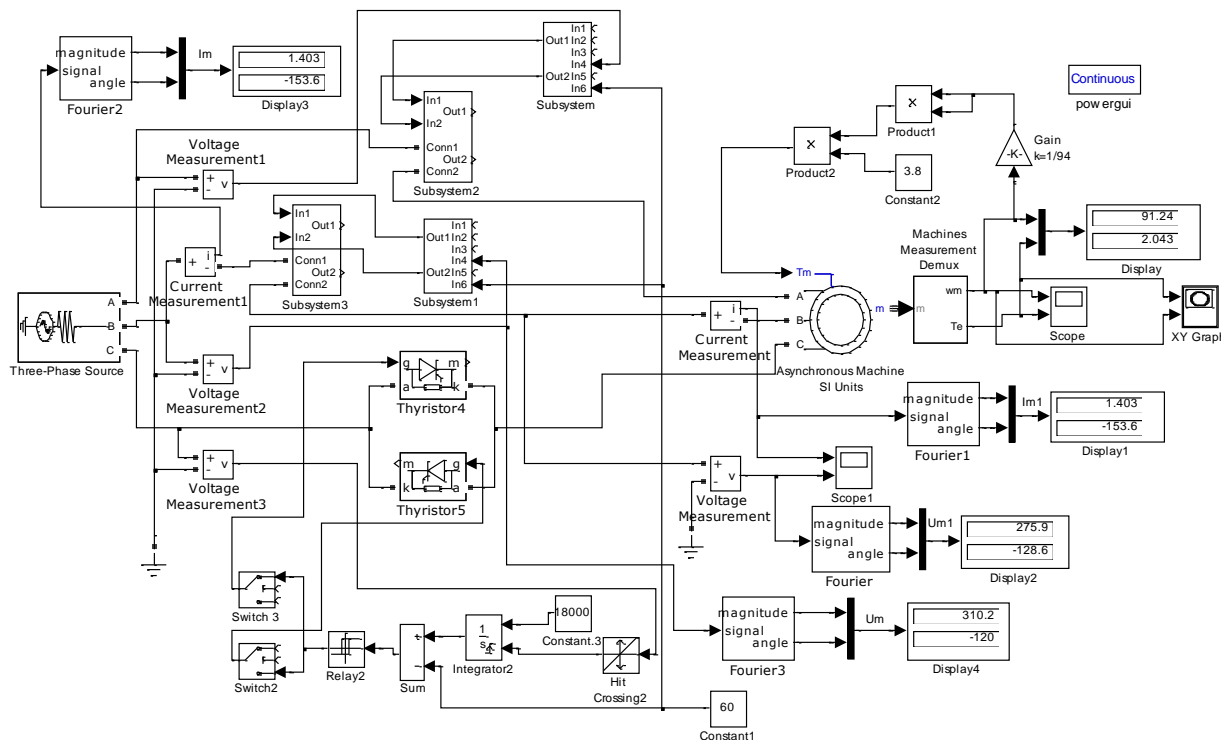


Рис. 1. Модель трифазного регульованого електропривода з тиристорним регулятором напруги з фазо-імпульсним керуванням

Блоками Gain, Product 1, Constant 2 та Product 2 створено вентиляторне навантаження для електродвигуна (момент зрушення не враховано):

$$M_C = M_H \left(\frac{\omega}{\omega_H} \right)^2,$$

де M_C , M_H – момент опору вентилятора та номінальний електромагнітний момент двигуна; ω_H , ω – номінальна та поточна частота обертання ротора двигуна.

За допомогою універсального блоку вимірювання Machines Measurement Demux та блоки Display і Scope отримують кількісні значення та спостерігають миттєві швидкості та електромагнітний момент двигуна, а блок XY Graph візуалізує механічну характеристику двигуна.

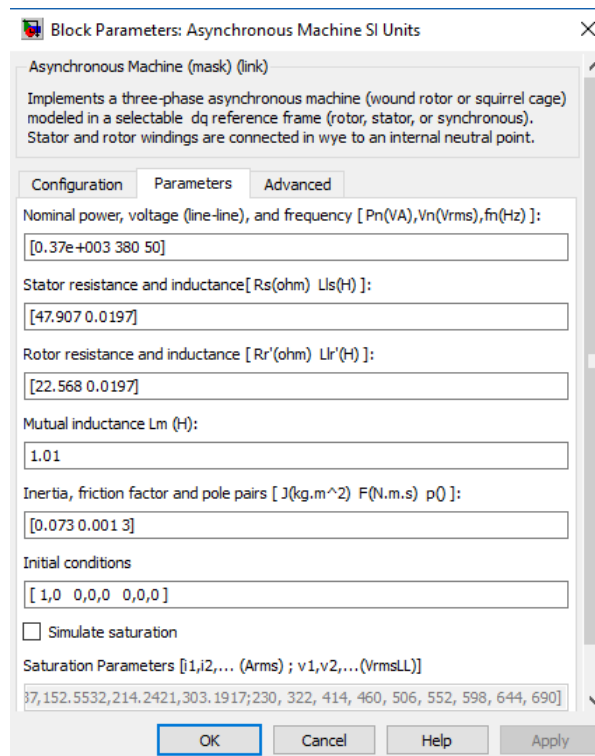


Рис. 2. Вікно настройки електродвигуна АИРП80-А6У2

Трифазний тиристорний регулятор напруги складається з трьох однофазних регуляторів [4], кожний з яких має свою систему керування. Синхронізуючі сигнали пилкоподібної напруги з кожної фази через блоки Voltage Measurement 1, Voltage Measurement 2, та Voltage Measurement 3 поступають на відповідні системи керування тиристорами. Для полегшення користування моделлю силові тиристорні блоки фаз А і В та їх відповідні системи керування згруповані в підсистеми Subsystem, Subsystem1, Subsystem2, Subsystem 3.

Блоки Fourier, Fourier1, Fourier 2 призначені для вимірювання гармонійних складових струму, напруги на навантаженні та напруги живлення (верхні значення) і їх початкові фази (нижнє значення).

Кут відкриття тиристорів на всі фази задається блоком Constant 1.

Дослідження характеристик проводили при зміні величини напруги від $0,34U_H$ до U_H . Для регулювальної характеристики $\omega^*=f(U^*)$ значення швидкості при відповідній напрузі записували з вимірювального блоку Display (верхнє значення). Значення потужності для енергетичної характеристики $P^*=f(U^*)$ визначали як добуток $P^*=M\omega/P_H$, де M – поточне значення електромагнітного

моменту електродвигуна (блок Display нижнє значення). Робочі характеристики (рис. 3), отримані на комп'ютерній моделі приведені у відносних одиницях, тобто поточні значення величин розділені на відповідні їх номінальні значення.

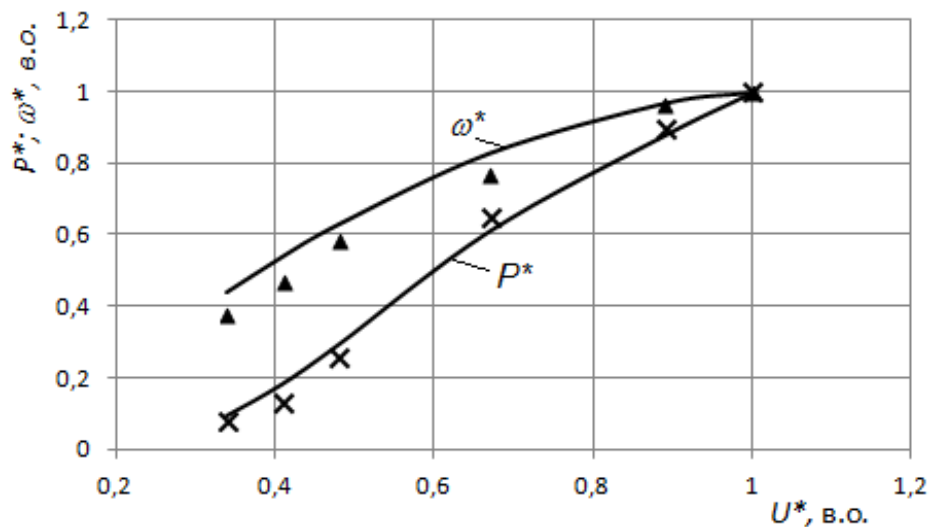


Рис. 3. Робочі характеристики трифазного регульованого асинхронного електропривода з тиристорним регулятором напруги з фазо-імпульсним керуванням

Для перевірки достовірності отриманих результатів на комп'ютерній моделі були проведені дослідження на лабораторному стенді регульованого електропривода осьового вентилятора ВО-7,1М з двигуном АИРП80А6У2. Лінійну напругу на електродвигуні змінювали за допомогою тиристорного перетворювача напруги станції "Кліматика-1" з фазо-імпульсним керуванням в межах від 120 до 380 В. При цьому комплектом вимірювальним К-505 визначали напругу та потужність, а тахометром Д-1ММ – частоту обертання ротора двигуна. За результатами досліджень отримали залежності у відносних одиницях $\omega^*=f(U^*)$, $P^*=f(U^*)$, які наведені на рис. 3 у вигляді маркерів, відповідно для регульовальної характеристики трикутником Δ , для енергетичної – х.

При порівнянні отриманих результатів (рис. 3) видно, що відхилення показів комп'ютерної моделі і лабораторного стенду не перевищує 5 %. Тобто

можна сказати, що результати досліджень підтвердили адекватність комп'ютерної моделі реальним характеристикам електропривода.

Висновки і перспективи. Аналіз результатів досліджень підтвердили адекватність комп'ютерної моделі реальним характеристикам електропривода, відхилення показів не перевищує 5 %.

Результати досліджень на комп'ютерній моделі придатні для використання при розробці трифазного регульованого електропривода з тиристорним регулятором напруги з фазо-імпульсним керуванням.

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.
4. Голодний І.М. Дослідження на моделі в MatLab спектру вихідної напруги та струму однофазного тиристорного регулятора при роботі на RL-навантаження / І.М. Голодний, О.В. Санченко // Науковий вісник НУБіП України. Серія "Техніка та енергетика АПК". – 2017. – Вип. 261. – С. 235-243.

References

1. Golodnyi, I.M. ed. (2015). *Regulovanyi elektropyvod* [Adjustable Electric drive]. Kyiv: Ltd. "ZP "Komprynt ", 509.
2. Glazenko, T. A., Khrisanov, V. I (1983). *Napivprovodnykovi systemy impulsnoho asynkhronnoho elektropyvodv maloju potuzhnosti* [The semiconductor system of low power asynchronous electric pulse]. Leningrad: Energoatomisdat, Leningrad. dep-tion,170.
3. German-Galkin, S.G. (2002). *Sylova elektronika: laboratorni roboty na PK*: [Power Electronics: Laboratory work on the PC]. St. Petersburg: CROWN print, 304.
4. Golodnyi, I., Sanchenko, O.V. (2017). *Doslidzhennya na modeli v MatLab spektru vykhidnoyi napruhy ta strumu odnofaznoho tyristornoho rehulyatora pry roboti na RL-navantazhennya* [Research on the model in MatLab range of output voltage and current of single-phase thyristor controller at work on RL-load]. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukraine*, 261, 235–243.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С ТИРИСТОРНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ НАПРЯЖЕНИЯ

И.М. Голодный, А.Ю. Синявский, А.В. Санченко

Аннотация. Современный асинхронный регулируемый электропривод базируется на использовании полупроводниковых преобразователей напряжения различных типов, для которых мало уделено внимания исследованию различных рабочих характеристик. Это связано со сложностью или высокой стоимостью проведения исследований. С развитием компьютерного моделирования появилась возможность углубить исследования указанных процессов.

Целью работы является уменьшение времени и затрат на исследование регулируемого асинхронного электропривода с помощью компьютерного моделирования и подтверждения адекватности полученных результатов на модели и физической установке.

Анализ рабочих характеристик регулируемого электропривода при выбранном способе управления проводился с использованием положений теории электропривода и статистических методов обработки результатов исследований на физической и компьютерной модели в системе MatLab.

Для проведения анализа характеристик трехфазного регулируемого асинхронного электропривода с тиристорным регулятором напряжения с фазоимпульсным управлением разработана в MatLab компьютерная модель, силовая цепь которой состоит из источника переменного напряжения, двух тиристоров в каждой фазе, соединенных встречно-параллельно и электродвигателя АИРП80А6У2. Результаты исследований визуализировались с помощью виртуальных измерительных приборов.

На созданной компьютерной модели и лабораторной установке регулируемого электропривода вентиляционной установки с тиристорным регулированием напряжения станцией управления "Климатика 1" получены энергетическая и регулирующая характеристики.

Анализ результатов исследований подтвердил адекватность компьютерной модели реальным характеристикам электропривода, отклонение показаний не превышает 5 %.

Результаты исследований на компьютерной модели пригодны для использования при разработке трехфазного асинхронного электропривода с тиристорным регулятором напряжения с фазоимпульсным управлением.

Ключевые слова: полупроводниковые преобразователи напряжения, регулировочная характеристика, энергетическая характеристика, компьютерная модель

RESEARCH OF WORKING CHARACTERISTICS OF THREE-PHASE ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE WITH THYRISTOR VOLTAGE REGULATOR

I. Golodny, O.Yu. Sinyavsky, 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 different working characteristics. 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 the work is to reduce the time and costs for studying a controlled asynchronous electric drive by computer simulation and to confirm the adequacy of the results obtained on the model and physical installation.

The analysis of the performance of the regulated electric drive with the chosen control method was carried out using the provisions of the electric drive theory and statistical methods for processing the results of research on the physical and computer model in the MatLab system.

In order to analyze the characteristics of a three-phase adjustable asynchronous electric drive with a thyristor voltage regulator with phase-pulse control, a computer model is developed in MatLab, the power circuit of which consists of an alternating voltage source, two thyristors in each phase, connected counter-parallel and the motor AIRP80A6U2.

On the created computer model and laboratory installation of the adjustable electric drive of the ventilation system with thyristor regulation of the voltage by the control station "Klimatika 1", the energy and regulating characteristics were obtained.

Analysis of the results of the studies confirmed the adequacy of the computer model to the real characteristics of the electric drive, the deviation of the indications does not exceed 5%.

The results of the studies on the computer model are suitable for use in the development of a three-phase asynchronous electric drive with a thyristor voltage regulator with phase-pulse control.

Key words: *semiconductor voltage converters, control characteristic, power characteristic, computer model*