

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРИФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА ОСЬОВОГО ВЕНТИЛЯТОРА З ШИРОТНО-ІМПУЛЬСНИМ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ НАПРУГИ

І. М. Голодний, кандидат технічних наук, доцент

О. В. Санченко, аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: golodnyi@ukr.net

Анотація. Регульований асинхронний електропривод набуває все більшого поширення на виробництві. Для створення можливості регулювання швидкості обертання електродвигуна використовуються напівпровідникові перетворювачі напруги: тиристорні (симісторні) перетворювачі напруги, транзисторні перетворювачі частоти струму. У статті розглянуті механічні характеристики привода осьового вентилятора з регулятором напруги з широтно-імпульсним керуванням.

Мета дослідження – визначення механічних характеристик малопотужного регульованого асинхронного електропривода вентиляційної установки з регулятором напруги на базі широтно-імпульсного перетворювача.

Аналіз механічних характеристик регульованого електропривода при вибраному способі керування проводився з використанням положень теорії електропривода та статистичних методів обробки результатів досліджень на лабораторній установці.

Для дослідження механічних характеристик створена установка регульованого електропривода осьового вентилятора ВО-7,1М з двигуном АИРП80-А6У2. Двигун має підвищений опір обмотки ротора, що обумовлює підвищене ковзання при номінальному моменті, підвищений пусковий момент та невелику кратність пускового струму. Регулювання швидкості обертання електродвигуна передбачено зміною напруги живлення перетворювачем з широтно-імпульсним керуванням.

За результатами досліджень отримані механічні характеристики двигуна, природну при нарузі живлення 220 В і штучну при мінімальній нарузі живлення, яка забезпечувала стійку роботу електропривода. Характеристики визначали за допомогою навантажувальної машини. При цьому для кожної напруги задавали навантаження від нульового значення до повної зупинки двигуна. За отриманими характеристиками визначені основні показники регулювання.

У результаті експериментальних досліджень показників регулювання електропривода встановлено, що діапазон регулювання електропривода з широтно-

імпульсним регулятором напруги розширений на 30 % і складає $D=7,8:1$ порівняно з приводом з тиристорним регулятором напруги.

Розроблений регульований електропривод забезпечує плавне регулювання і аналогічно приводу з тиристорним регулятором напруги має однакову величину зміни швидкості при зміні моменту на одиницю (статизм).

Ключові слова: *напівпровідникові перетворювачі напруги, регульований електропривод, вентилятор, механічні характеристики, діапазон регулювання, широтно-імпульсний перетворювач*

Актуальність. Сучасний регульований електропривод – це асинхронний електропривод з електронними перетворювачами напруги живлення, в основі яких використані напівпровідникові силові елементи: тиристорні (симісторні) перетворювачі напруги, транзисторні перетворювачі частоти струму. Вказані перетворювачі мають ряд недоліків: вони створюють імпульси перенапруги і вищі гармоніки в мережі, що негативно впливає на роботу як керованого електродвигуна, так і інших споживачів електроенергії; мають велику вартість, що знижує ефективність малопотужних приводів; в технічній літературі мало приділяється уваги механічним характеристикам регульованого асинхронного електропривода, зокрема, електропривода з широтно-імпульсним керуванням. Тому визначенню механічних характеристик привода осьового вентилятора з широтно-імпульсним керуванням і призначена дана робота.

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 простим і дешевим для вказаного регулювання є регулятори амплітуди напруги живлення [1] електроприводів з вентиляторним навантаженням.

Мета дослідження – визначення механічних характеристик малопотужного регульованого асинхронного електропривода вентиляційної установки з регулятором напруги на базі широтно-імпульсного перетворювача.

Матеріали і методи дослідження. Аналіз механічних характеристик регульованого електропривода при вибраному способі керування проводився з

використанням положень теорії електропривода та статичних методів обробки результатів досліджень на експериментальній установці.

Для дослідження механічних характеристик створена установка регульованого електропривода осьового вентилятора ВО-7,1М з двигуном АИРП80-А6У2. Двигун має підвищений опір обмотки ротора, що обумовлює підвищене ковзання при номінальному моменті, підвищений пусковий момент та невелику кратність пускового струму. Регулювання швидкості обертання електродвигуна передбачено зміною напруги живлення регулятором з широтно-імпульсним керуванням. Силова електрична схема електропривода (рис. 1) складається з двох частин: сам асинхронний електродвигун АД, випрямляч В з силовим транзисторним ключем VT.

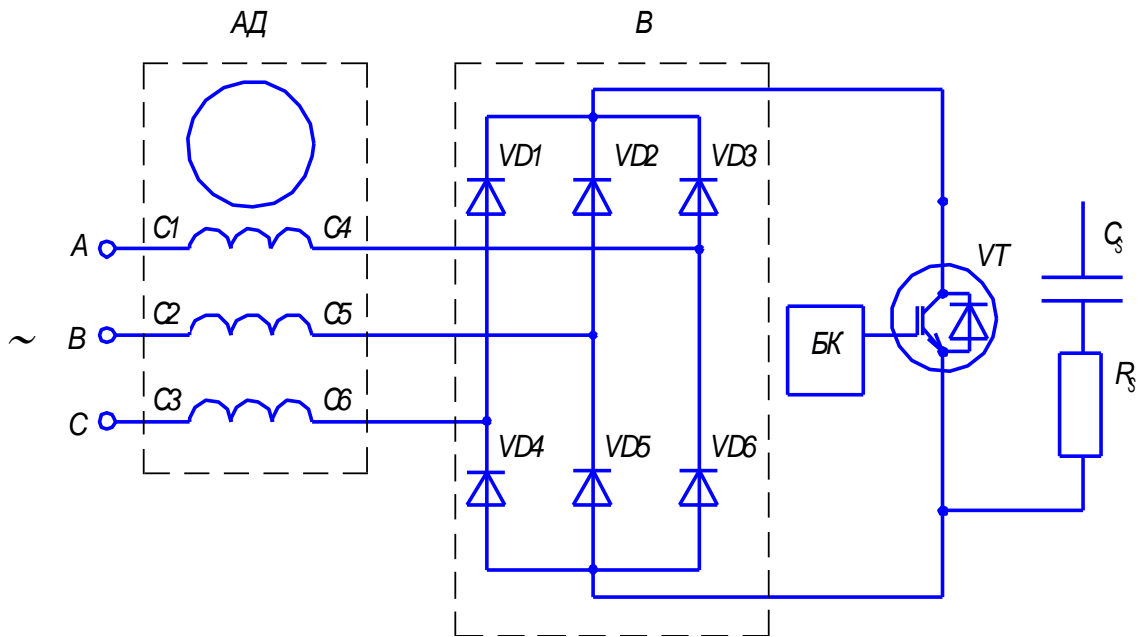


Рис. 1. Електрична схема регульованого трифазного асинхронного електропривода з перетворювачем напруги на базі широтно-імпульсного керування

Вхідні виводи обмотки електродвигуна (C1, C2, C3) приєднані до мережі живлення, а вихідні (C4, C5, C6) – до випрямляча. У колі постійної напруги випрямляча встановлено транзистор VT, який виконує роль силового електронного ключа. Паралельно силовому транзистору приєднано ємність C_S і активний опір R_S ,

які є елементами снаберного вузла. За допомогою блоку керування БК він замикає/розмикає силове електричне коло, що дає можливість змінювати шпаруватість вихідної напруги, відповідно, і швидкість асинхронного елетродвигуна.

При дослідженні використовувались такі вимірювальні прилади: комплект К505 для вимірювання споживаних струму, напруги і потужності, тахометр Д-1ММ для вимірювання швидкості обертання ротора електродвигуна. Досліджувалась залежність швидкості обертання електродвигуна від величини електромагнітного моменту, створеного електродвигуном при різній нарузі живлення.

Для створення гальмівного моменту на валу досліджуваного асинхронного двигуна використовувалась балансирна машина, яка є навантажувальним генератором постійного струму з незалежним збудженням, станина якого може повертатись в стоякових підшипниках. Кут повороту станини залежить від навантаження і обмежується спеціальним пружним пристроєм. На корпусі балансирної машини закріплено стрілку, яка показує кут повороту станини відносно нерухомої шкали залежно від величини гальмівного моменту M_G . Для зручності вимірювання гальмівного моменту шкала проградуйована в Н·м.

Вали досліджуваного двигуна і балансирної машини жорстко з'єднані за допомогою муфти. Для забезпечення регулювання в широких межах струму збудження навантажувального генератора живлення обмотки збудження передбачене від регульованого джерела постійного струму.

Визначення моменту на валу двигуна, який відповідає опору робочої машини, проводили так. Регулятором напруги в межах $(0,3...1,0)U_H$ задавали величину напруги живлення досліджуваного двигуна. Навантажувальною машиною задавали такий момент, який би утримував швидкість двигуна відповідно попередньо визначеній регулювальній характеристиці [2]. Механічні характеристики двигуна, природну при нарузі живлення 220 В і штучну при мінімальній нарузі живлення, яка забезпечувала стійку роботу електропривода, визначали аналогічно за допомогою навантажувальної машини. При цьому для кожної напруги задавали

навантаження від нульового значення до повної зупинки двигуна. При живленні двигуна з напругою 220 В, його вмикали безпосередньо в мережу.

Дослід проводили три рази. Для подальшого аналізу записували середнє значення результатів.

Результати досліджень та їх обговорення. На рис. 2 наведені експериментальні механічні характеристики регульованого електропривода з широтно-імпульсним регулятором напруги, за якими визначено основні показники регулювання.

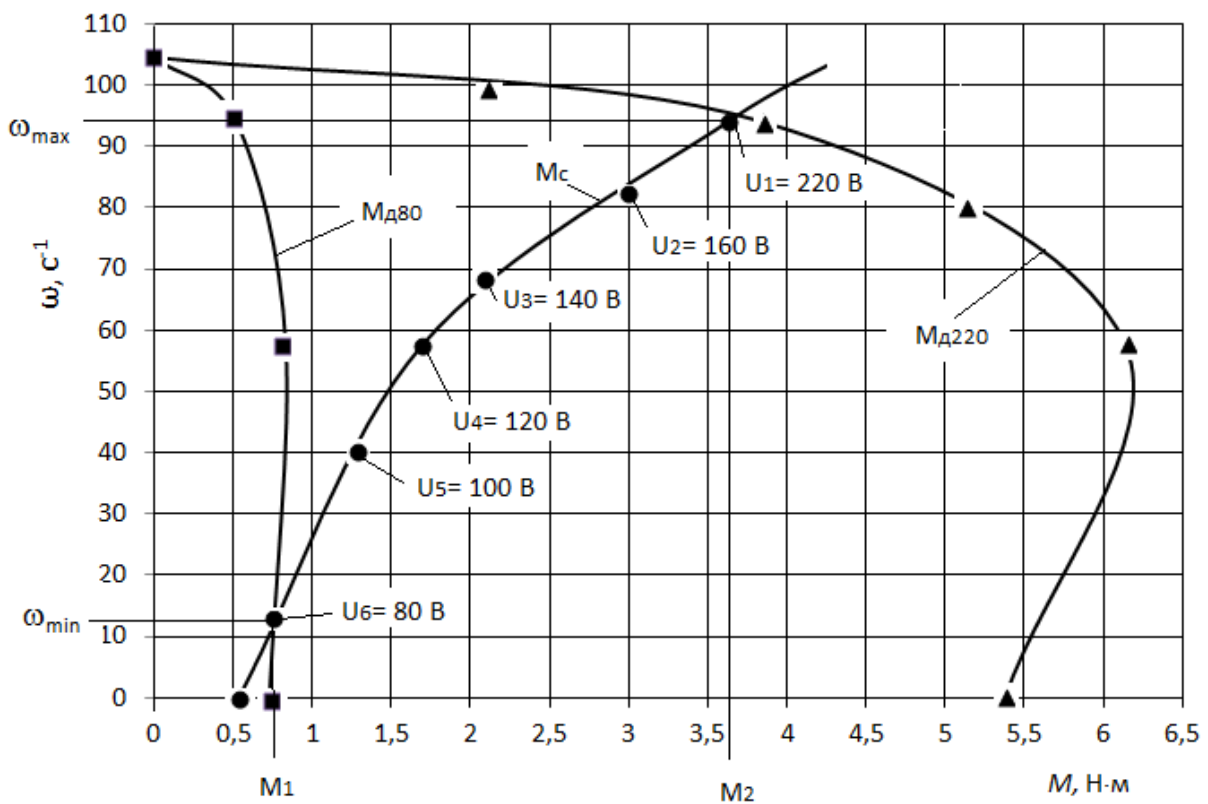


Рис. 2. Механічні характеристики регульованого трифазного електропривода осьового вентилятора з широтно-імпульсним регулятором напруги:

$M_{д220}$, $M_{д80}$ – механічні характеристики двигуна при напрузі живленні, відповідно, 220 В і 80 В; M_c – момент опору осьового вентилятора ВО-7,1М; ω_{max} , ω_{min} – максимальна і мінімальна можливі швидкості регульованого електропривода; M_2 , M_1 – електромагнітний момент двигуна, що відповідає максимальній і мінімальній швидкості, відповідно

Статизм

$$\delta_{ст} = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{M_2 - M_1} = \frac{95 - 12}{3,73 - 0,88} = 29,1 \text{ (рад/с)/Н}\cdot\text{м.}$$

Діапазон регулювання

$$D = \omega_{max} : \omega_{min} = 94 : 12 = 7,8 : 1.$$

Для електропривода з тиристорним регулятором напруги діапазон регулювання має значення $D= 6:1$ [3], що на 30 % менший від діапазону регулювання електропривода з широтно-імпульсним регулятором напруги. Діапазон регулювання частотного електропривода складає $D= 9:1$ [4], збільшення якого порівняно з відомими регульованими вентиляторними приводами не відіграє значної ролі.

Розроблений регульований асинхронний електропривод, аналогічно електроприводу з тиристорним регулятором напруги та частотним керуванням, забезпечує плавну зміну частоти обертання двигуна. Показник плавності наближається до одиниці.

Висновки і перспективи. Результати експериментальних досліджень показників регулювання електропривода показав, що діапазон регулювання електропривода з широтно-імпульсним регулятором напруги розширений на 30 % порівняно з приводом з тиристорним регулятором напруги і складає $D=7,8:1$.

Розроблений регульований електропривод забезпечує плавне регулювання і аналогічно приводу з тиристорним регулятором напруги має однакову величину зміни швидкості при зміні моменту на одиницю (статизм).

Список літератури

1. Регульований електропривод / за ред. І.М. Голодного. – К.: ТОВ "ЦП "Компринт", 2015. – 509 с.
2. Голодний І. М. Дослідження робочих характеристики трифазного асинхронного електропривода з перетворювачем напруги на базі ШПП / І.М. Голодний, О.В. Санченко // Енергетика і автоматика. – 2019. – №2. – С. 70-77.
3. Електропривод сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній / за ред. Є.Л. Жулая. – К.: Вища освіта, 2001. – 288 с.
4. Голодний І. М. Дослідження асинхронного електропривода осьового вентилятора з частотним керуванням / І. М. Голодний, О. Ю. Синявський, О. В. Санченко // Енергетика і автоматика. – 2018. – №6. – С. 70-77.

References

1. Golodnyi, I. M. ed. (2015). Rehulovanyi elektropryvod [Adjustable Electric drive]. Kyiv: Ltd. "ZP "Kompynt", 509.
2. Golodnyi, I., Sanchenko, O. V. (2019). Doslidzhennya robochykh kharakterystyky tryfaznoho asynkhronnoho elektropryvoda z peretvoryuvachem napruhy na bazi SHIP [Investigation of the performance characteristics of a three-phase asynchronous electric drive with a voltage converter on the basis of the SHIP]. Enerhetyka i avtomatyka, 2, 70-77.
3. Zhulay E.L. ed. (2001). Elektropryvod sils'kohospodars'kykh mashyn, ahrehativ ta potokovykh liniy [Electric drive of agricultural machines, aggregates and flow lines]. Kyiv: Vyshcha osvita, 288.
4. Golodnyi, I., Sinyavsky, O. Yu., Sanchenko, O.V. (2018). Doslidzhennya asynkhronnoho elektropryvoda os'ovoho ventylyatora z chastotnym keruvannyam [Research of asynchronous electric drive of the axial fan with frequency control]. Enerhetyka i avtomatyka, 6, 70-77.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ОСЕВОГО ВЕНТИЛЯТОРА С ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ НАПРЯЖЕНИЯ

И. М. Голодный, А. В. Санченко

Аннотация. Регулируемый асинхронный электропривод приобретает все большее распространение на производстве. Для создания возможности регулирования скорости вращения электродвигателя используются полупроводниковые преобразователи напряжения: тиристорные (симисторные) преобразователи напряжения, транзисторные преобразователи частоты тока. В статье рассмотрены механические характеристики привода осевого вентилятора с регулятором напряжения с широтно-импульсным управлением.

Цель исследования - определение механических характеристик малоомощного регулируемого асинхронного электропривода вентиляционной установки с регулятором напряжения на базе широтно-импульсного преобразователя.

Анализ механических характеристик регулируемого электропривода при выбранном способе управления проводился с использованием положений теории электропривода и статистических методов обработки результатов исследований на лабораторной установке.

Для исследования механических характеристик создана установка регулируемого электропривода осевого вентилятора ВО-7,1М с двигателем АИРП80-А6У2. Двигатель имеет повышенное сопротивление обмотки ротора, что обуславливает повышенное скольжение при номинальном моменте, повышенный пусковой момент и небольшую кратность пускового тока. Регулирование скорости вращения электродвигателя производится изменением напряжения питания регулятором с широтно-импульсным управлением.

По результатам исследований получены механические характеристики двигателя, естественную при напряжении питания 220 В и искусственную при минимальном напряжении питания, которая обеспечивала устойчивую работу электропривода. Характеристики определяли с помощью нагрузочной машины. При этом для каждого напряжения задавали нагрузки от нулевого значения до полной остановки двигателя. По полученным характеристикам определены основные показатели регулирования.

В результате экспериментальных исследований показателей регулирования электропривода установлено, что диапазон регулирования электропривода с широтно-импульсным регулированием напряжения по сравнению с тиристорным регулятором напряжения расширен на 30 % и составляет $D = 7,8:1$.

Разработан регулируемый электропривод обеспечивает плавную регулировку и аналогично приводу с тиристорным регулятором напряжения имеет одинаковую величину изменения скорости при изменении момента на единицу (статизм).

Ключевые слова: *полупроводниковые преобразователи напряжения, регулируемый электропривод, вентилятор, механические характеристики, диапазон регулирования, широтно-импульсный преобразователь*

STUDY OF THE MECHANICAL CHARACTERISTICS OF A THREE-PHASE ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE AXIAL VENTILATOR WITH A WIDE-PULSE VOLTAGE CONVERTER

I. Golodnyi, O. Sanchenko

Abstract. *An adjustable asynchronous electric drive is gaining more and more weight in production. To create the ability to control the rotational speed of an electric motor, semiconductor voltage converters are used: thyristor (triac) voltage converters, transistor current frequency converters. In this paper, we consider the mechanical characteristics of an axial-fan drive with a voltage regulator with pulse-width control.*

The purpose of the study is to determine the mechanical characteristics of a low-power adjustable asynchronous electric drive of a ventilation unit with a voltage regulator based on a pulse-width converter.

The analysis of the mechanical characteristics of an adjustable electric drive with the selected control method was carried out using the provisions of the electric drive theory and statistical methods of processing the results of research in a laboratory setting.

To study the mechanical characteristics, the installation of an adjustable electric drive axial fan BO-7,1M with the engine АИРП80-А6У2 was created. The motor has an increased resistance to the rotor winding, which causes increased slip at the nominal moment, increased starting torque and a small starting current ratio. The adjustment of the rotational speed of the electric motor is made by varying the supply voltage with a pulse-width control.

According to the research results, the mechanical characteristics of the engine, natural at a supply voltage of 220 V and artificial at a minimum supply voltage, which ensured stable operation of the electric drive, were determined using a loading machine. Moreover, for each voltage, the loads were set from zero to the full stop of the engine.

According to the obtained characteristics, the main indicators of regulation are determined.

The results of experimental studies of the regulation of electric drive showed that the range of regulation of the electric drive with pulse-width voltage regulation is extended by 30 % and is $D = 7.8:1$, than a drive with a thyristor voltage regulator.

The developed adjustable electric drive provides smooth adjustment and, similarly to a drive with a thyristor voltage regulator, has the same magnitude of change in speed when the moment changes by one (static).

Key words: *semiconductor voltage converters, adjustable electric drive, fan, mechanical characteristics, control range, pulse-width converter*