

**ДИНАМІЧНЕ ГАЛЬМУВАННЯ АСИНХРОННОГО  
ЕЛЕКТРОПРИВОДА З ПРИСТРОЄМ ПЛАВНОГО ПУСКУ  
ПРИ ЖИВЛЕННІ ПУЛЬСУЮЧИМ СТРУМОМ**

*І. М. Голодний, Ю. М. Лавріненко,  
кандидати технічних наук  
Національний університет біоресурсів  
і природокористування України  
А. В. Торопов, кандидат технічних наук  
ТОВ "ЦІТ Альтера"  
e-mail: golodnyi@ukr.net*

*Анотація. Наведено алгоритми роботи силового блоку та діаграми напруги і струму в режимі динамічного гальмування в системах регульованого асинхронного електропривода з пристроями плавного пуску серії SSW.*

*Ключові слова: пристрої плавного пуску, перехідний процес, напівпровідникові перетворювачі напруги, діаграми напруги, динамічне гальмування асинхронного електропривода.*

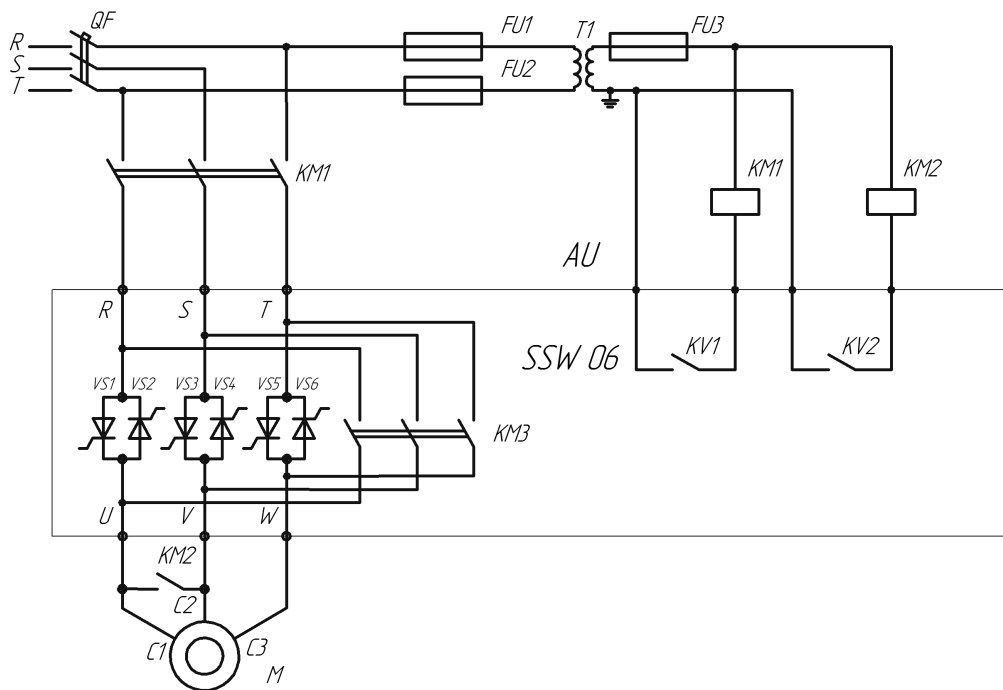
У сучасних регульованих електроприводах широко використовуються пристрої плавного пуску, наприклад, серії SSW6 [1, 2]. Технічні характеристики, які наводяться в каталожних даних на пристрої, дають мало інформації про роботу електропривода в перехідних режимах, особливо гальмівних. У роботі [3] розглянуто особливості та варіанти алгоритмів способу гальмування противмиканням із пристроєм плавного пуску. Стаття присвячена вивченню роботи силового тиристорного блоку пристрою серії SSW6 при динамічному гальмуванні асинхронного двигуна.

**Мета досліджень** – вивчення роботи силового тиристорного блоку пристрою серії SSW6 при динамічному гальмуванні асинхронного двигуна.

**Матеріали та методика досліджень.** Аналіз миттєвих значень напруг і струмів напівпровідникового силового блоку пристрою плавного пуску проведено на основі положень теорії електропривода і силової електроніки та осцилограм.

**Результати досліджень.** У системах електропривода з пристроєм плавного пуску серії SSW динамічне гальмування випрямленим пульсуючим струмом реалізується в схемах з додатковим контактором KM2 (рис. 1) і без нього. За відсутності додаткового контактора, режим роботи тиристорів формується за схемою, описаною в [3].

При подачі команди на зупинку двигуна в пристрої плавного пуску AU (рис. 1) з витримкою часу замикається контакт реле KV2, унаслідок чого, спрацьовує контактор KM2, який своїм головним контактом закорочує виводи C1 і C2 двигуна M. Обвідний контактор KM3 вимикається.



**Рис. 1. Схема вмикання пристрою плавного пуску з динамічним гальмуванням постійним пульсуючим струмом**

За такої схеми вмикання, на відміну від класичного трифазного випрямляча, комбінація роботи ключів VS2-VS3 і VS4-VS1 неприпустима.

Можливі два алгоритми подачі імпульсів керування на тиристири. У першому випадку, у першій фазі силового блоку пристрою AU з малим кутом відкриття в кожному циклі відкривається прямий тиристор, а в третій – зворотний. Форми кривих вихідної напруги залишаються такими самими, як і на рис. 3 і 4 [3], але струм, що протікає через обмотки двигуна, збільшується. При використанні додаткового контактора дві обмотки з'єднуються паралельно, тобто струм гальмування  $I_{ГД}$  збільшується і становить:

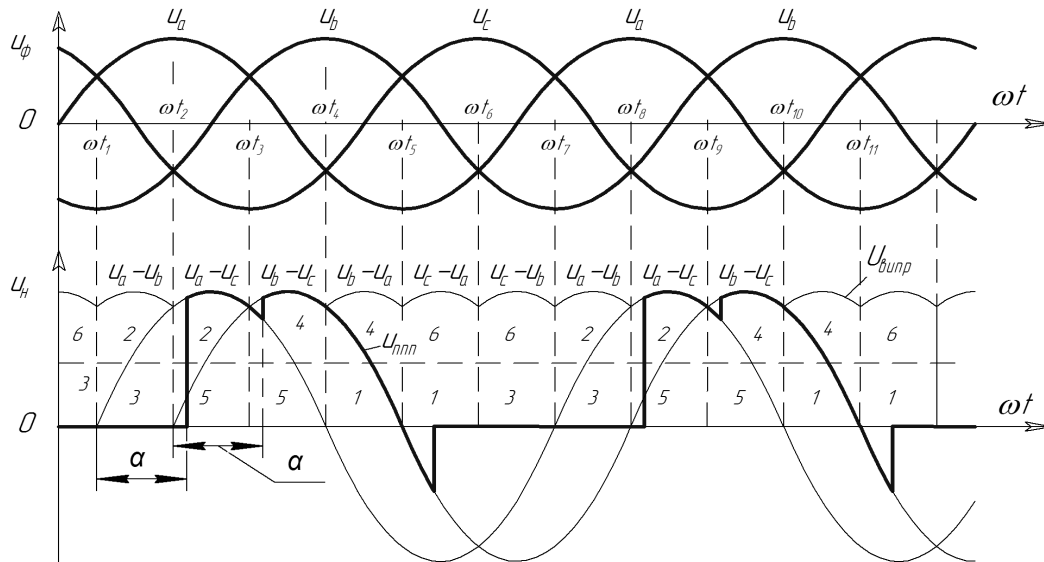
$$I_{ГД} = \frac{U_{СЕР.ППП}}{R_{ОБМ.С} + \frac{R_{ОБМ.С}}{2}} = \frac{2U_{СЕР.ППП}}{3R_{ОБМ.С}},$$

де  $U_{СЕР.ППП}$  – середнє значення напруги на виході пристрою плавного пуску;

$R_{ОБМ.С}$  – опір фази статора.

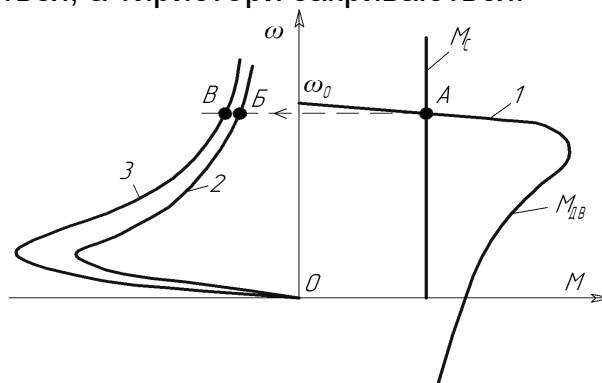
Інший алгоритм подачі керуючих імпульсів складніший. Імпульс напруги на обмотках двигуна формується комбінацією роботи ключів VS1-VS6 і VS3-VS6 (рис. 1). При подачі керуючого імпульсу на тиристор VS3 тиристор VS1 також відкритий, але, оскільки потенціал напруги у фазі B вищий, ніж у фазі A, то гальмівний струм буде створювати лінійна напруга  $U_{BC}$ , відповідно, струм у тиристорі VS1 спаде до нуля і він закриється. Слід відзначити, що мінімальний кут відкриття тиристорів має бути не менше за 60 електричних градусів. Тиристири VS1 і VS3 прямі, а VS6 –

зворотний і на виході будуть формуватися однополярні імпульси. За аналогією зі способом динамічного гальмування без замикаючого контактора [1], у кривих випрямленої напруги і струму за рахунок ЕРС самоіндукції двигуна також з'являються ділянки від'ємної полярності (рис. 2).



**Рис. 2. Графіки миттєвих значень напруги, що формується на виході пристрою плавного пуску при динамічному гальмуванні та закорочуванні двох обмоток**

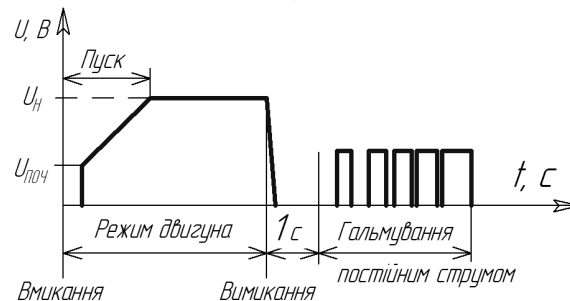
Таким чином, до обмотки статора прикладається пульсуюча постійна напруга, проте, на відміну від випадку без контактора, пульсації струму значно зменшуються, оскільки імпульси ширші, а проміжки між ними менші. Під дією цього струму в обмотках статора створюється нерухоме магнітне поле, завдяки якому виникає гальмівний момент. Робоча точка системи „електропривод-робоча машина” переміщується з робочої ділянки механічної характеристики 1 двигунного режиму на криву 2 або 3 режиму динамічного гальмування (рис 3). Після зупинки двигуна реле KV2 вимикається, а тиристри закриваються.



**Рис. 3. Механічні характеристики асинхронного двигуна у режимі двигуна (1) та режимі динамічного гальмування (2 і 3):**

$M_{ДВ}$ ,  $M_C$  – механічні характеристики, відповідно, двигуна та виконавчого механізму

Величину гальмівного моменту,  $a$ , отже, і тривалості гальмування, регулюють зміною кута відкриття тиристорів або шпаруватості імпульсів гальмівного струму (рис. 4). Значення гальмівного моменту задається при налагодженні пристрою плавного пуску, пам'ятаючи, що він обмежується максимально допустимим струмом гальмування.



**Рис. 4. Діаграма подачі напруги під час роботи електропривода з динамічним гальмуванням**

Такий спосіб гальмування може бути використаний у схемах з двома тиристорами в кожній фазі силового блоку пристрою плавного пуску. Його застосування ефективно при високоінерційних навантаженнях двигунів середніх і великих потужностей.

Недоліками способу динамічного гальмування пульсуючим струмом є:

- необхідність зовнішнього контактора  $KM2$  (рис. 1);
- малий гальмівний момент при низьких швидкостях обертання;
- неможливість застосування в схемах підключення обмоток двигуна трикутником з внутрішнім з'єднанням ключів.

### Висновки

1. Використання зовнішнього контактора для закорочування двох обмоток двигуна при динамічному гальмуванні зменшує пульсацію гальмівного струму і моменту.

2. Створювані імпульси постійної напруги, порівняно з варіантом без закорочування обмоток двигуна, ширші, а проміжки між ними менші.

3. За аналогією з динамічним гальмування без замикаючого контактора в кривій випрямленої напруги за рахунок ЕРС двигуна також присутні ділянки напруги від'ємної полярності.

### Список літератури

1. Устройство плавного пуска [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://electrocontrol.com.ua/ustrojstva-plavnogo-puska/ustrojstva-plavnogo-puska-ssw-06.html>

2. Голодний І. М. Гальмування противмиканням електропривода з пристроєм плавного пуску серії SSW / І. М. Голодний, Ю. М. Лавріненко, А. В. Торопов // Науковий вісник НУБіП України. Серія "Техніка та енергетика АПК". – 2013. – Вип. 184, ч. 1. – С. 120–125.

3. Голодний І. М. Гальмування противмиканням привода з пристроєм плавного пуску серії SSW / І. М. Голодний, Ю. М. Лавріненко, А. В. Торопов // Науковий вісник НУБіП України. Серія "Техніка та енергетика АПК". – 2015. – Вип. 15, ч. 2. – С. 192–201.

## ДИНАМИЧЕСКОЕ ТОРМОЖЕНИЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С УСТРОЙСТВАМИ ПЛАВНОГО ПУСКА ПРИ ПИТАНИИ ПУЛЬСИРУЮЩИМ ТОКОМ

*И. М. Голодный, Ю. М. Лавриненко, А. В. Торопов*

**Аннотация.** *Приведены алгоритмы работы силового блока и диаграммы напряжения и тока в режиме динамического торможения в системах регулируемого асинхронного электропривода с устройствами плавного пуска серии SSW.*

**Ключевые слова:** *устройства плавного пуска, переходный процесс, полупроводниковые преобразователи напряжения, диаграммы напряжения, динамическое торможение асинхронного электропривода.*

## DYNAMIC BRAKING OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE WITH SOFT START WHEN POWERED PULSATING CURRENT

*I. Golodny, Y. Lavrinenko, A. Toropov*

**Annotation.** *The algorithms of work of power block and diagram of tension and current are resulted in the mode of the dynamic braking in the systems managed asynchronous electric drive with the devices of the smooth starting of series of SSW.*

**Key words:** *devices of the smooth starting, transient, semiconductor transformers of tension, diagram of tension, dynamic braking of asynchronous electric drive.*

УДК 004.94:658.01

## СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ СТАНУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОМЕТАНУ

*С. А. Шворов, доктор технічних наук  
Д. С. Комарчук, кандидат технічних наук  
П. Г. Охріменко, Д. В. Чирченко, аспіранти\*  
email: dmitruy@mail.ru*

**Анотація.** *Розглянуто методи моніторингу вирощування та збору біомаси для її переробки у біометан. Сформульовано основні задачі щодо застосування безпілотних літальних апаратів для планування*

---

\* Науковий керівник – доктор технічних наук, професор С. А. Шворов.

© С. А. Шворов, Д. С. Комарчук,  
П. Г. Охріменко, Д. В. Чирченко, 2015