

## ГАЛЬМУВАННЯ ПРОТИВМИКАННЯМ ЕЛЕКТРОПРИВОДА З ПРИСТРОЄМ ПЛАВНОГО ПУСКУ СЕРІЇ SSW

*І.М. ГОЛОДНИЙ, Ю.М. ЛАВРІНЕНКО, кандидати технічних наук  
Національний університет біоресурсів і природокористування  
України*

*А.В. ТОРОПОВ, кандидат технічних наук  
ТОВ "ЦІТ Альтера"*

*Проаналізовано алгоритми роботи силового блока та діаграми напруг при гальмуванні противмиканням пристроями плавного пуску серії SSW у системах регульованого асинхронного електропривода.*

*Пристрої плавного пуску, алгоритм, перехідний процес, напівпровідникові перетворювачі напруги, гальмівні режими роботи асинхронного електропривода, діаграми напруги.*

Нині в промисловості дуже широко використовується сучасний регульований електропривод на базі силової електроніки, зокрема асинхронний електропривод з пристроями плавного пуску, наприклад серії SSW [1, 3]. Технічні характеристики, які наводяться в каталожних даних на нього, дають мало інформації про перехідні процеси електропривода, особливо в гальмівних режимах. Стаття присвячена поглибленому вивченню режиму роботи силового тиристорного блока і відповідних діаграм напруг при гальмуванні електропривода противмиканням.

**Мета досліджень** – більш ефективно використання пристроїв плавного пуску в гальмівних режимах асинхронних електроприводів.

**Матеріали та методика досліджень.** Аналіз миттєвих значень напруг і режимів роботи напівпровідникового силового блока проводився з використанням положень теорії електропривода і силової електроніки та осцилографічних досліджень.

**Результати досліджень.** Пристрій плавного пуску – це електронний пристрій, що використовується для плавного пуску та керованого електричного гальмування асинхронних електродвигунів із короткозамкненим ротором з метою зменшення пускового струму або узгодження крутного моменту двигуна з моментом навантаження.

Необхідність обмеження пускового струму викликана причинами електричного і механічного характеру.

Причинами електричного характеру можуть бути:

- зменшення поштовхів струму в мережі. В деяких випадках необхідно обмежувати пусковий струм потужних двигунів до допустимого для мережі живлення.

- зменшення електродинамічних зусиль в обмотках двигуна.

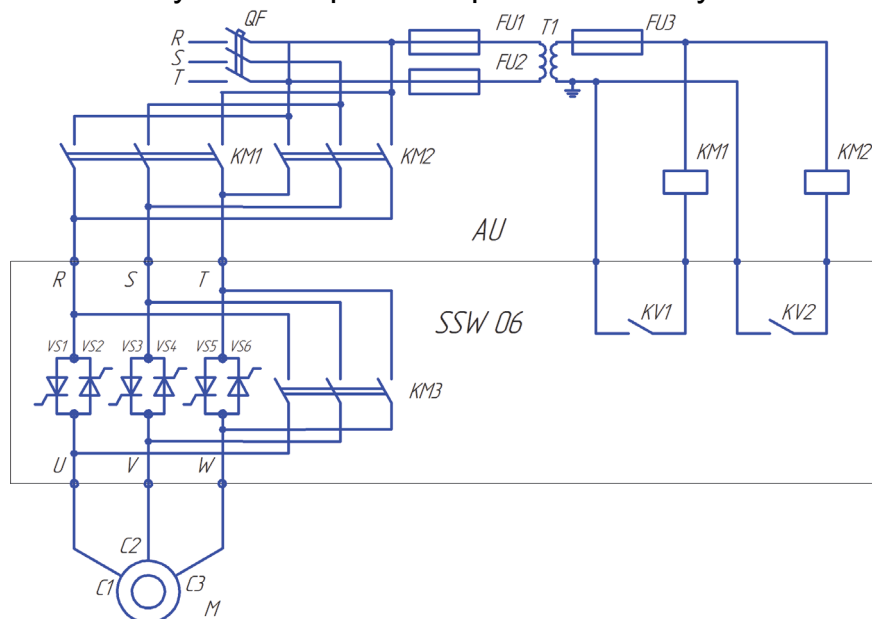
Причинами механічного характеру обмеження пускового моменту двигунів можуть бути: запобігання поломкам або швидкому зношенню передач; буксуванню коліс рухомих візків; великих прискорень або сповільнень, недопустимих для обладнання або людей в різних засобах пересування (наприклад, у ескаляторах, ліфтах) та ін. Іноді необхідно зменшити пусковий момент навіть невеликого двигуна, щоб пом'якшити удари в передачах і забезпечити плавне його прискорення, запобігти виникненню гідравлічних ударів у трубах і засувках.

Залежність кутової швидкості асинхронного двигуна від напруги живлення нелінійна. Тому, плавний пуск із контролем наростання швидкості через складність реалізації нині не використовується. В більшості випадків намагаються реалізувати управління крутним моментом або струмом електродвигуна. Для цього в процесі пуску плавно змінюють напругу на статорі двигуна.

У пристроях плавного пуску типу SSW передбачена функція керованого електричного гальмування електродвигуна. З цією метою для прискорення зупинки привода застосовують гальмування противмиканням та динамічне гальмування постійним або випрямленим пульсуючим струмом. Іноді таке гальмування необхідне для передпускової зупинки вентилятора, що обертається в зворотний бік під дією тяги або іншого вентилятора.

Для забезпечення функції гальмування противмиканням у схему керування з пристроями плавного пуску вводять два зовнішні контактори *KM1* і *KM2* (рис. 1). Контактор *KM1* працює при двигунному режимі, *KM2* – у гальмівному.

Керування котушками контакторів відбувається за командами мікропроцесора пристрою плавного пуску *AU* через контакти реле *KV1* і *KV2*. Після плавного пуску двигуна обвідний контактор *KM3* блокує тиристорні силові ключі, завдяки чому збільшується ресурс роботи тиристорів та зменшуються втрати енергії в силовому колі.

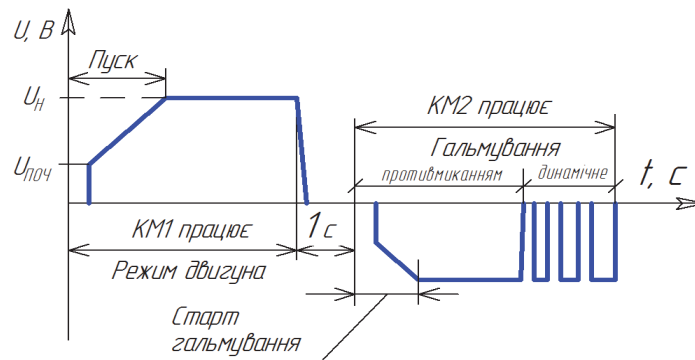


**Рис. 1. Схема вмикання пристрою плавного пуску SSW-06 із гальмуванням противмиканням**

Алгоритми процесу гальмування організуються по-різному. В одному випадку гальмування противмиканням відбувається до зупинки двигуна, після чого гальмівний контактор *KM2* вимикається. При цьому двигун розвиває значний гальмівний момент, який плавно спадає до значення пускового моменту [2].

В іншому випадку способом противмикання двигун гальмується до швидкості 20 % від номінальної, після чого вмикається динамічне гальмування пульсуючим струмом (рис. 2). В обох випадках обвідний контактор *KM3* вимкнений.

При динамічному гальмуванні тиристри фази *B* постійно закриті. Прямий тиристор *VS2* фази *A* та зворотний тиристор *VS5* фази *C* вмикаються, пропускаючи додатну півхвилю мережевої напруги. Діаграма напруг на виході пристрою плавного пуску при динамічному гальмуванні наведена на рис. 3.



**Рис. 2. Діаграма подачі напруги при спрацюванні керуючих перемикачів в режимі гальмування противмиканням**

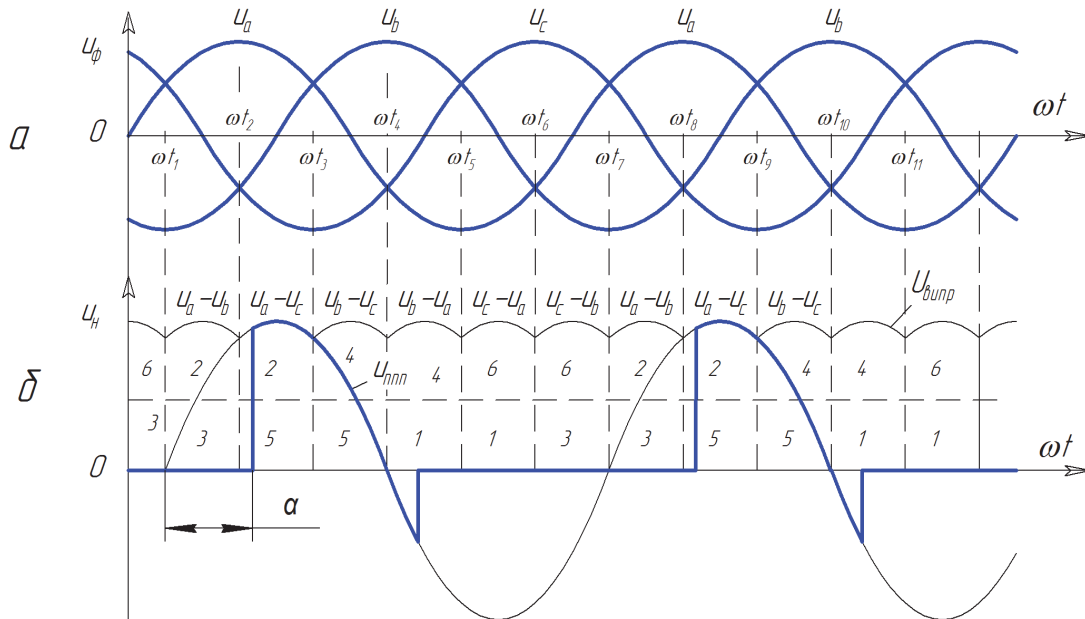
Осцилограма вихідної напруги, знята при дослідженні електропривода з пристроєм плавного пуску серії SSW і двигуном AIP90B4Y3 в режимі динамічного гальмування, підтверджує наші міркування (рис. 4).

Після відкриття тиристорів напруга на обмотках двигуна за синусоїдальним законом плавно збільшується, а потім спадає (див. рис. 3, б). При спаданні напруги завдяки енергії ЕРС самоіндукції статора двигуна гальмівний струм підтримується після переходу напруги живлення через нуль. Тривалість інтервалів провідності тиристорів *VS2* і *VS5* зростає і вони залишаються відкритими протягом деякого інтервалу після зміни полярності напруги живлення. З цієї ж причини в кривій випрямленої напруги з'являються ділянки напруги від'ємної полярності, що і підтверджує осцилограма вихідної напруги перетворювача плавного пуску в режимі динамічного гальмування (див. рис. 4).

Згідно з осцилограмою пристрій формує синусоїдальні імпульси, які за частотою збігаються з частотою мережі живлення і створюють гальмівний момент.

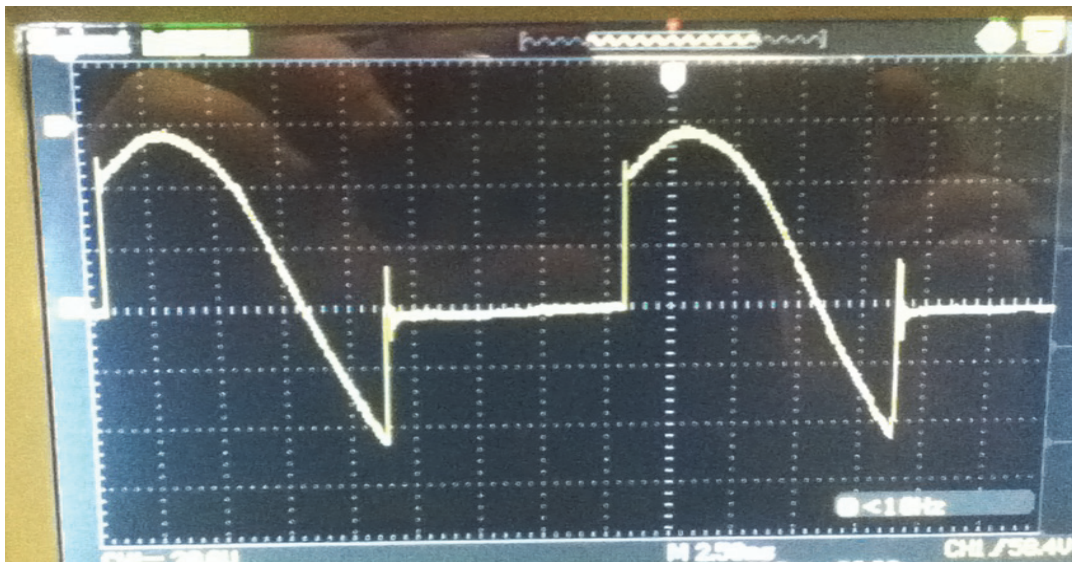
Алгоритмом керування пристроєм плавного пуску передбачено закривання тиристорів перед зупинкою двигуна, оскільки при малій

частоті обертання пульсуючий струм призводить до пульсацій моменту і, відповідно, швидкості.



**Рис. 3. Графіки миттєвих значень напруги мережі живлення (а) і на виході перетворювачів напруги при динамічному гальмуванні (б):**

$U_a, U_b, U_c$  – миттєві значення фазних напруг мережі живлення;  
 $U_{ППП}, U_{ВИПР}$  – миттєві значення напруг, відповідно на виході пристрою плавного пуску та трифазного мостового випрямляча;  $\alpha$  – кут відкриття тиристорів



**Рис. 4. Осцилограма миттєвих значень імпульсів напруги на виході пристрою плавного пуску SSW-06 у режимі динамічного гальмування**

За рахунок зміни кута відкриття тиристорів VS2 і VS5 забезпечується регулювання гальмівного моменту. На практиці кут

відкривання тиристорів регулюють в межах 40–120 електричних градусів. Струм динамічного гальмування  $I_{ГД}$  визначається за виразом:

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

де  $U_{СЕР.ППП}$  – середнє значення напруги на виході пристрою плавного пуску;  $R_{ОБМ.S}$  – опір фази статора.

Перевагами способу гальмування противмиканням є:

- висока ефективність для швидкої зупинки механізмів з великим моментом інерції;

- може бути застосований для схеми підключення обмоток двигуна трикутником з внутрішнім вмиканням ключів.

Недолік полягає в тому, що для реалізації функції гальмування противмиканням необхідно використовувати два зовнішні силових контактори.

**Висновки.** Для гальмування противмиканням в системах керування електроприводом з пристроями плавного пуску необхідні два зовнішні контактори.

Гальмування противмиканням часто комбінують з динамічним при живленні обмотки статора випрямленим пульсуючим струмом, який формується шляхом однопівперіодного випрямлення мережевої напруги.

Застосування динамічного гальмування забезпечує плавну зупинку двигуна.

У кривих випрямленого струму формуються ділянки від'ємної полярності, що знижує ефективність динамічного гальмування.

Величину гальмівного моменту регулюють кутом відкривання тиристорів в межах 40 – 120 електричних градусів.

### Список літератури

1.Голодний І.М. Моделювання в MatLab процесу динамічного гальмування асинхронного електропривода / І.М. Голодний, Ю.М. Лавріненко //Вісник ХНТУСГ. – Харків: ХНТУСГ, 2011. – Вип. 116. – С. 73–75.

2.Електропривод: підручник [Ю.М. Лавріненко, О.С. Марченко, П.І. Савченко та ін.]; за ред. Ю.М. Лавріненка. – К.: Ліра-К, 2009. – 504 с.

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

*Проанализированы алгоритмы работы силового блока и диаграммы напряжений при торможении противовключением устройствами плавного пуска серии SSW в системах регулируемого асинхронного электропривода.*

***Устройства плавного пуска, алгоритм, переходной процесс, полупроводниковые преобразователи напряжения, тормозные режимы работы асинхронного электропривода, диаграммы напряжений.***

*The algorithms of work of power block and diagram of tensions are analysed at the braking the devices of the smooth starting of series of SSW in the systems of the managed asynchronous drive.*

***Devices of the smooth starting, algorithm, transitional process, semiconductor transformers of tension, brake modes of operations of asynchronous drive, diagrams of tensions.***

УДК 620.91

## **РЕГЕНЕРАТИВНЫЙ ВОДОВОЗДУШНЫЙ ТЕПЛООБМЕННИК**

***Р.А. СЕРЕБРЯКОВ, кандидат технических наук  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
электрификации сельского хозяйства», г. Москва  
С.Г. БАТУХТИН, соискатель\*  
ФБОУ ВПО «Забайкальский государственный университет»,  
г. Чита***

*Рассмотрена энергоэффективная схема использования энергии солнца в системах централизованного теплоснабжения. Предложен способ интенсификации теплообмена за счет использования интенсификаторов луночного типа. Приведены результаты расчетного анализа предлагаемых способов.*

***Солнечный коллектор, теплоноситель, конструкция, система моделирования, эксперимент, потребитель, регулирование, тепловая энергия, энергосбережение, нагрузка, оптимизация.***

Стратегической целью государственной энергетической политики в области формирования рационального топливно-энергетического баланса является оптимизация структуры производства, внутреннего потребления и экспорта топливно-энергетических ресурсов с учетом требований обеспечения энергетической безопасности, экономической и энергетической эффективности, усиления внешнеэкономических позиций страны. При этом на первом месте в ее выполнении в «Энергетической стратегии России на период до 2030 года» определен рост значения возобновляемых источников энергии в обеспечении энергетических потребностей общества. Без внедрения технологий, позволяющих вытеснять органическое топливо из топливного баланса страны, невозможно выполнение основных положений стратегии, предусматривающих максимально эффективное использование природных энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора для устойчивого роста экономики и повышения качества жизни населения

---

\* Научный руководитель - кандидат технических наук Р. А. Серебряков  
© Р.А. СЕРЕБРЯКОВ, С.Г. БАТУХТИН, 2015