

*А.І. БОНДАРЕНКО*, канд. техн. наук, НТУ «ХП»

## **АНАЛІЗ СПОСОБІВ МОДУЛЯЦІЇ ТИСКУ В АНТИБЛОКУВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ З КЕРОВАНОЮ ПУЛЬСАЦІЄЮ**

В роботі приведен аналіз одного из способів модуляції тиску в антиблокувальних системах - спосіб з керуваною пульсацією. Описано суть способу, характер зміни тиску при керуваною пульсації, обґрунтовано теоретична можливість застосування для пневматичного тормозного приводу.

In-process resulted one analysis of methods of modulation of pressure in the antislid systems - method with the guided pulsation. Essence of method, character of change of drive pressure, is described at the guided pulsation, theoretical possibility of application is grounded for a pneumatic brake drive.

**Вступ.** Перші патенти на антиблокувальні системи (АБС) з'явилися в кінці 20 років 20 століття, серійне оснащення легкових автомобілів, а потім і вантажних АБС розпочалося в 1969 р. Проте на теперішній час все ще залишається актуальним питання стосовно вибору способу модуляції тиску в АБС для автотранспортних засобів (АТЗ) з пневматичним гальмівним приводом (ПП).

**Аналіз останніх досягнень і публікацій.** Модуляція тиску в гальмівному приводі АТЗ при роботі АБС може виконуватися одним з трьох способів: релейним, з керуваною пульсацією та лінійним безперервним [1].

Лінійна безперервна модуляція являється найбільш перспективною [2]. Вже існують електромагнітні клапани, які дозволяють забезпечувати пропорційність між переміщенням сердечника та напругою, що подається, але лише при малому ході сердечника. Взагалі, вченими приділяється досить мало уваги цьому способу із-за відсутності працездатних електромагнітів, які можна було б використовувати в конструкції модуляторів тиску (МТ) для реалізації лінійної безперервної модуляції.

На теперішній час все більше уваги приділяється способу з керуваною пульсацією. Можливість застосування керуваної пульсації тиску в АБС доведена в роботах [1, 3, 4].

**Мета та постановка задачі.** Метою даної роботи є визначення доцільності застосування способу з керуваною пульсацією в сучасних АБС для автомобілів з ПП. Для цього необхідно розкрити суть способу, характер зміни тиску при керуваній пульсації, можливі витрати стислого повітря на модуляцію тиску, а також вплив на якість регулювання.

**Аналіз способів модуляції тиску в антиблокувальних системах з керуваною пульсацією.**

Суть способів модуляції тиску в АБС з керованою пульсацією полягає в частотній лінеаризації зміни приводного тиску, де частота пульсацій (число фаз) встановлюється не заданими граничними значеннями контрольованих параметрів, як в релейних АБС [2, 3], а примусово пульсатором. Вище наведені дії здійснюються шляхом зміни амплітуди, періоду сигналу і т.п. залежно від умов зчеплення та навантаження [1, 5 – 10]. Перевагою такого засобу відносно інших є те, що керована пульсація (рис. 1 [4]) може бути реалізована на основі простого двопозиційного електричного клапана.

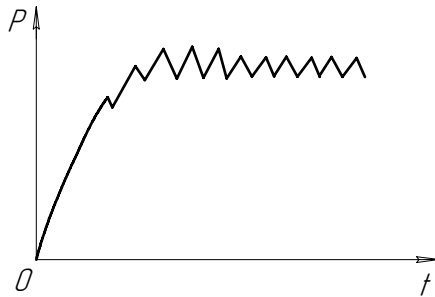


Рисунок 1 – Характер зміни приводного тиску при керованій пульсації [4]

Реалізація керованої пульсації можлива, наприклад, за допомогою широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) [1, 5 – 10]. ШІМ при управлінні гальмуванням автомобіля полягає в циклічному загальмовуванні та розгальмуванні колеса при постійній тривалості циклу та безперервного коректування співвідношення тривалості фаз загальмовування і розгальмування. Така модуляція реалізується подачею на двохфазовий МТ в гальмівному приводі імпульсного сигналу постійної частоти та змінної шпаруватості.

У літературі [5 – 8] під шпаруватістю пульсацій розуміють параметр, що представляє собою відношення тривалості фази спорожнення до періоду сигналу:

$$C = \frac{t_p}{T}, \quad (1)$$

де  $t_p$  – тривалість фази спорожнення;  
 $T$  – період сигналу (рис. 2).

Теоретично можливість застосування ШІМ для ППП обумовлена специфічним характером зміни тиску в гальмівній камері (ГК) при їх наповненні та спорожненні, що полягає в зміні приводного тиску по експоненціальних залежностях (рис. 3). З рис. 3 видно, що підтримка в ГК тиску  $P_{сп} = P_{сп1}$  може бути досягнута шляхом чергування фаз наповнення та

спорожнення при тривалості наповнення  $t_{31}$  і тривалості спорожнення  $t_{p1}$ . Така зміна фаз може бути забезпечена шляхом подачі на двохфазовий модулятор імпульсного сигналу з періодом  $T$  і шпаруватістю  $S_1$ . Для підтримки в камері тиску  $P_{cp1} = P_{cp2}$  необхідно також реалізувати чергування фаз, але вже при тривалості наповнення  $t_{32}$  і тривалості спорожнення  $t_{p2}$ , тобто шпаруватості сигналу  $S_2$  (рис. 3) [3].

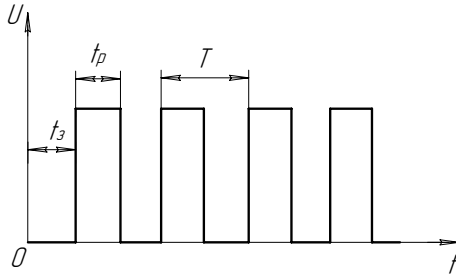


Рисунок 2 – Форма сигналу при ШІМ

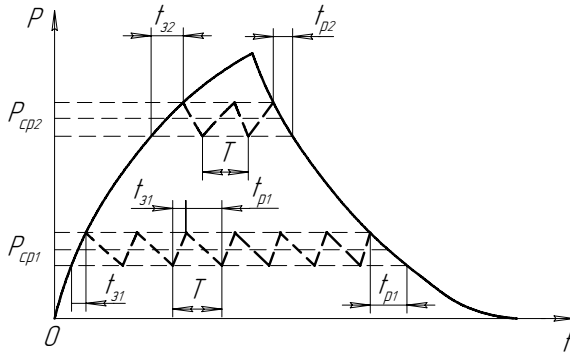
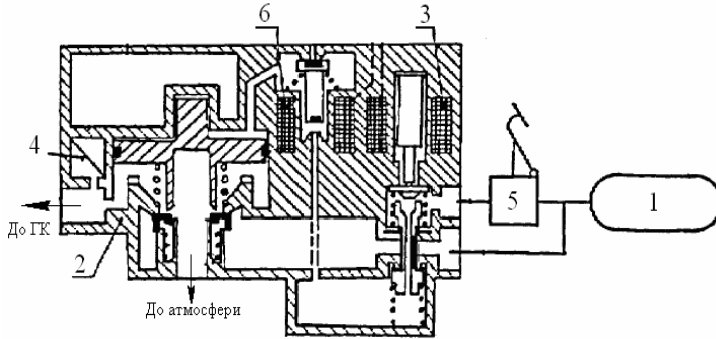


Рисунок 3 – Характер зміни тиску повітря в ГК при звичайному наповненні та спорожненні (суцільні лінії) та за наявності широтно-імпульсного модулятора (пунктирні лінії) [3]

Автором [6] запропоновано підвищення якості роботи АБС досягти застосуванням електромагнітного пропорційного клапана сумісно з ШІМ (поз. 3 рис. 4). Пропорційний клапан працює з двома рівнями напруги, що управляє,  $U_1$  та  $U_2$ , де  $U_2$  дорівнює номінальній напрузі в бортовій мережі, а  $U_1 = 0,5 \cdot U_2$ . Надходження сигналу у вигляді  $U_1$  переміщає якір клапана з відкритого положення до рухомого сідла, закриваючи центральний канал у тілі сідла та відсікаючи порожнину клапана прискореної дії, що управляє, від пневматичного гальмівного крана. Це дозволяє зафіксувати тиск в порожнині на досягнутому рівні. Електромагнітний

клапан 6, в свою чергу, дозволяє знизити тиск в управляючій порожнині клапана прискореної дії та відповідно в ГК. Зняття напруги  $U_1$  відновлює процес підвищення тиску. Керована зміна співвідношення тривалості закритого стану до тривалості циклу (сумі часу закритого і відкритого стану) формує ШІМ у приводі.



1 – джерело стислого повітря; 2 – клапан прискореної дії; 3 – електромагнітний пропорційний клапан; 4 – датчик тиску; 5 – пневматичний гальмівний кран; 6 – електромагнітний клапан.

Рисунок 4 – Принципова схема МТ, що реалізує ШІМ [6]

В теперішній час актуальне удосконалення дуальних адаптивних систем керування гальмуванням [2, 7 – 10]. Для реалізації таких законів керування необхідно мати МТ з лінійною характеристикою. Модулятори цієї групи повинні реалізувати прямо пропорційну залежність тиску в ГК  $P$  від величини сигналу  $U$ , що керує, яка може бути записана в наступному вигляді [3, 5]:

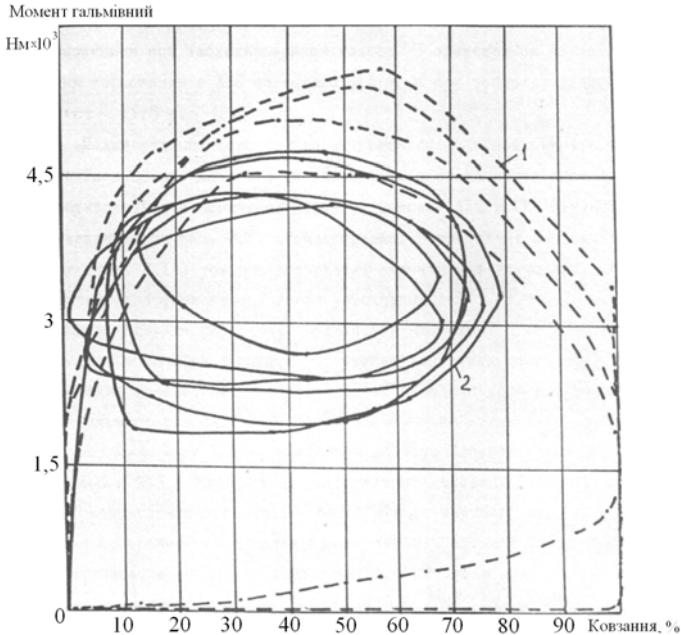
$$P = k \cdot U, \tag{2}$$

де  $k$  – постійний коефіцієнт.

В зв'язку з тим, що створення таких МТ не є можливим, більш перспективним являється застосування ШІМ [5, 6], яка забезпечує додержання пропорційності між середнім тиском в ГК  $P_{cp}$  (рис. 3) від шпаруватості сигналу  $C$  [3, 5]:

$$P_{cp} = k \cdot C. \tag{3}$$

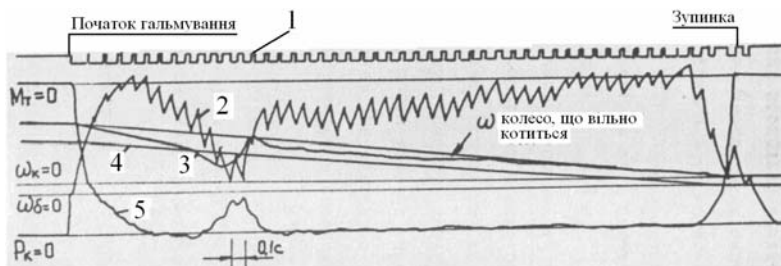
Аналіз фазових діаграм (рис. 5) та осцилограми (рис. 6), що отримані в процесі експериментальних досліджень дуальних адаптивних АБС з ШІМ та релейної трифазної АБС, показали кращу якість регулювання та здатність системи адаптуватися до зміни дорожніх умов має АБС з ШІМ, ніж релейні АБС [5]. В роботах [7 – 10] доведені ці ж переваги АБС з ШІМ, але над багатофазною нециклічною АБС.



1 – при трьохфазній циклічній модуляції тиску; 2 – при дуальній адаптивній АБС з ШІМ.

Рисунок 5 – Фазова характеристика процесу регулювання [5]

Застосування ШІМ забезпечує більш високі адаптивні властивості АБС за рахунок зміни шпаруватості в процесі гальмування в залежності від умов навантаження та зчеплення і, відповідно, вищу якість регулювання при достатньо простій конструкції МТ, але при цьому спостерігаються підвищені витрати робочого тіла [3, 5 – 10].



1 – командний сигнал; 2 – тиск в гальмівній камері (Р); 3 – кутова швидкість колеса ( $\omega_k$ ); 4 – кутова швидкість барабану ( $\omega_b$ ); 5 – гальмівний момент ( $M_T$ ).

Рисунок 6 – Осцилограма запису процесу гальмування колеса з початковою швидкістю 40 км/год при регулюванні із застосуванням АБС з ШІМ та коефіцієнті зчеплення колеса з біговим барабаном 0,25 [5]

**Висновки.** Оптимальною з точки зору якості регулювання та адаптивних властивостей є дуальні адаптивні АБС з ШІМ, єдиним недоліком якої є підвищені витрати запасів стислого повітря на модуляцію тиску у виконавчих апаратах.

**Список літератури:** 1. *Бондаренко А.І.* Вибір способу модуляції тиску в пневматичному гальмівному приводі / А.І. Бондаренко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. “Механізація сільськогосподарського виробництва”. – 2008. – Т. 1, № 75.– С. 360–365. 2. *Бондаренко А.І.* Удосконалення процесів модуляції тиску в пневматичному гальмівному приводі автомобілів: дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.02 “Автомобілі та трактори” / Бондаренко Анатолій Ігорович. – Харків, 2010. – 203с. 3. *Ломака С.І.* Автоматизация процесса торможения автомобиля: учебн. пособ. [для студентов специальности “Автомобили и автомобильное хозяйство”] / Ломака С.И., Алекса Н.Н., Гецович Е.М. – Киев УМК ВО, 1988. – 88 с. 4. А.с. 1169860 СССР, МКИ В 60 Т 8/32. Способ торможения колеса / Е.М. Гецович (СССР). – № 3702182/27-11; заявл. 10.02.84; опубл. 30.07.85, Бюл. № 28. 5. *Северин А.А.* Совершенствование исполнительной части антиблокировочной системы автомобилей с пневматическим тормозным приводом: дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.05.03 “Автомобили и тракторы” / Северин Александр Александрович. – Харків, 1985. – 217с. 6. *Ахметшин А.М.* Адаптивная антиблокировочная тормозная система колесных машин: дис. на соискание уч. степени доктора техн. наук: спец. 05.05.03 “Колесные и гусеничные машины” / Ахметшин Альберт Махмутович. – М, 2003. – 255 с. 7. *Гецович Е.М.* Выбор коэффициентов пробных воздействий в адаптивных автоматических системах управления автомобилем / Е.М. Гецович, В.А. Постный, А.С. Струков // Механіка та машинобудування. – 2004. – № 2. – 4 с. 8. *Гецович Е.М.* Выбор коэффициента чувствительности алгоритма функционирования АБС / Е.М. Гецович, С.Г. Селевич // Вестник НТУ “ХПИ”. Сборник научных трудов. Тематический выпуск “Автомобиле- и тракторостроение”. – 2007. – № 12. – 5 с. 9. *Гецович Е.М.* Синтез алгоритма функционирования адаптивной тормозной системы / Е.М. Гецович // Механіка та машинобудування. – 1997. – № 1. – 8 с. 10. *Гецович Е.М.* Классификация алгоритмов функционирования АБС/ Е.М. Гецович // Автомобильная промышленность. – 1987. – № 11. – 4 с.

Поступила в редакцію 02.05.2011