

### Синтез керованого задатчика інтенсивності з обмеженням активної складової струму

Синтезовано задатчик інтенсивності з обмеженням активної складової струму для використання в транспортних та вантажопідійомних частотно-керованих електроприводах з високими вимогами до якості та параметрів зміни швидкості руху об'єкта керування.

Синтезирован задатчик интенсивности с ограничением активной составляющей тока для использования в транспортных и грузоподъемных частотно-управляемых электроприводах с высокими требованиями к качеству и параметрам изменения скорости движения объекта управления.

The controller of intensity is synthesized with limiting to the active constituent of current for the use in transport and load-lifting frequency-guided electromechanics with rigorisms to quality and parameters of change of rate of movement of management object.

Для збільшення середньої швидкості руху, що визначає продуктивність вантажопідійомних та транспортних електроприводів, необхідно скорочувати час пуску й гальмування частотно керованого електроприводу (ЧКЕП). Однак більші прискорення й ривок (швидкість наростання прискорення) можуть виявити несприятливий фізіологічний вплив на пасажирів, фізичний вплив на вантаж, тому ці параметри руху обмежені певними значеннями [1,2,4].

Оптимальна тахограма процесів пуску, усталеного руху та гальмування з обмеженням прискорення й ривка формується комбінованим задатчиком інтенсивності, який складається із послідовно з'єднаних задатчиків ривка ЗР, прискорення ЗП, швидкості ЗШ та частоти ЗЧ [3].

Задатчик ривка являє собою операційний підсилювач із релейною характеристикою (рис. 1).

Обмеження вихідної напруги  $U_{з.р.}$  задатчика ривка забезпечується максимальною уставкою, яка є величиною максимального ривка, припустимого для ЧКЕП.

На вхід задатчика ривка ЗР (на блок БВ1) (рис. 2) подається сигнал завдання на частоту струму асинхронного двигуна (АД)  $f^{**}$ , що формується комплексним пристроєм автоматики (КПА) в залежності від необхідної швидкості руху об'єкта.

Блок відповідності БВ1 виконує перетворення сигналу завдання на частоту  $f^{**}$  у відповідний сигнал завдання на швидкість обертання або переміщення рухомої частини ЧКЕП.

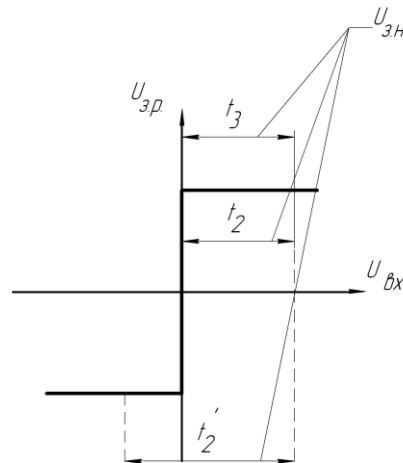


Рис. 1 Характеристика керування задатчиком ривка

У якості задатчика прискорення використаний блок, у якого темп зміни його вихідної напруги  $U_{з.п.}$  визначається лише налаштуванням задатчика й не залежить від напруги  $U_{з.р.}$ . Напрямок зміни  $U_{з.п.}$  визначається полярністю  $U_{з.р.}$ . Задатчик швидкості зібраний за схемою інтегратора, тому темп і напрямок зміни його вихідної напруги  $U_{з.п.}$  залежать від значення й полярності  $U_{з.р.}$  [3]. На виході ЗШ формується певне значення завдання на швидкість  $v^*$ , що потрапляє до блоку відповідності БВ2, який виконує перетворення сигналу завдання на швидкість обертання або переміщення рухомої частини ЧКЕП  $v^*$  у відповідний сигнал завдання на частоту АД  $f^*$ . Даний сигнал  $f^*$  подається на блок обмеження струму БОС, який працює наступним чином: на компараторі відбувається порівняння фактичної активної складової струму системи  $I_A$  та максимального струму, що припустимий для ЧКЕП  $I$ . В разі перевищення значення  $I_A$  над  $I$  БОС формує на своєму виході нульовий сигнал, що призводить до припинення зміни частоти завдання на виході ЗЧ. Якщо перевищення значення  $I_A$  над  $I$  немає, БОС без змін передає на вихід ЗЧ сформований блоком БВ2 сигнал, тобто формується вихідний сигнал завдання на частоту  $f_3$ .

Діаграми зміни в часі вихідних напруг задатчиків наведені на рис. 3. На певних ділянках цього графіка величини прискорень і ривок на початку й кінці руху рухомої частини ЧКЕП підтримуються постійними, рівними гранично припустимим значенням  $a_{max}$ ,  $p_{max}$ .

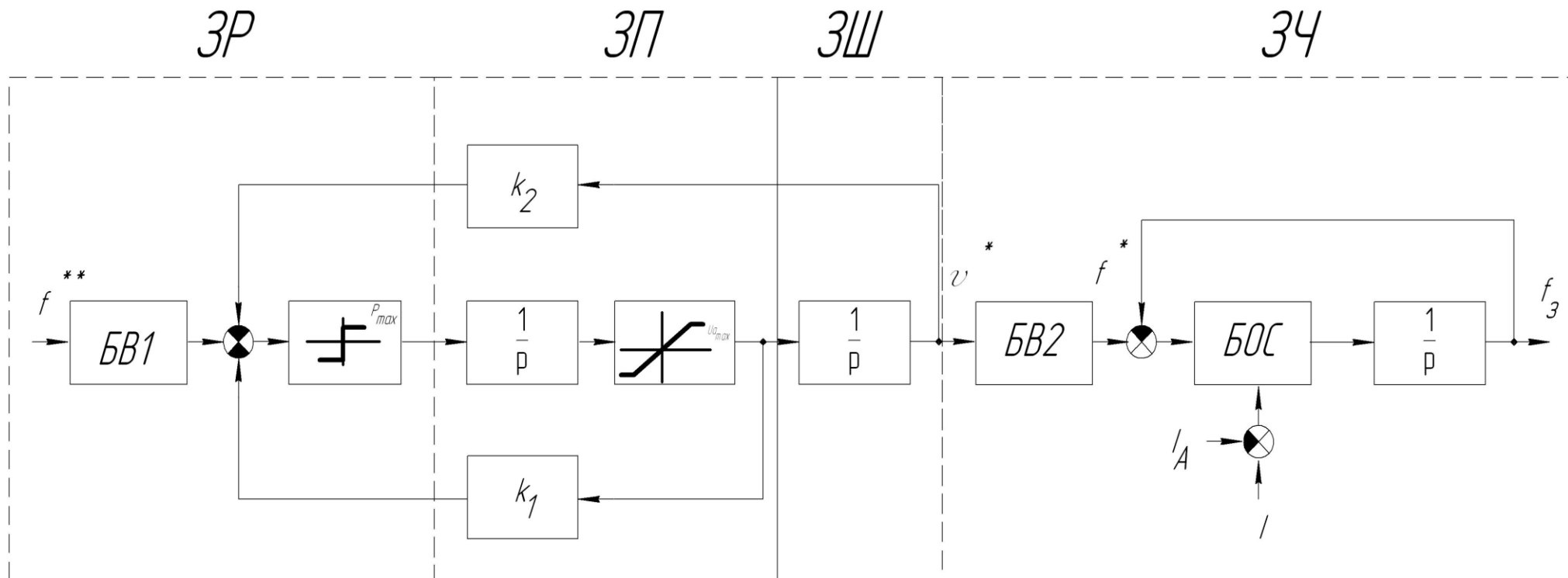


Рис.2 Структурна схема задатчика інтенсивності ЧКЕП з обмеженням активної складової струму

При подачі на вхід пристрою напруги  $U_{вх.}$  на виході ЗР з'являється незмінна в часі напруга  $U_{з.р.}$  (рис. 3). Тому що  $U_{з.р.} > 0$ , то на виході ЗП напруга наростає в позитивному напрямку аж до насичення (момент часу  $t_1$  на рис. 3).

Далі до моменту часу  $t_2$   $U_{з.п.} = \text{const}$ . Вихідна напруга ЗШ змінюється відповідно за параболічним законом до моменту часу  $t_1$  і лінійно в інтервалі  $t_1-t_2$  (рис. 3). На вхід ЗР подається сигнал сумарного зворотного зв'язку  $U_{з.н.}$  по напругах  $U_{з.п.}$  й  $U_{з.ш.}$ . В момент часу  $t_2$   $U_{з.н.} = U_{вх.}$  і  $U_{з.р.}$  обертається в нуль (рис. 3). Подальше зростання  $U_{з.н.}$  (момент часу  $t_2'$  на рис. 1) приводить до зміни полярності  $U_{з.р.}$  (рис. 3). Задатчик прискорення при цьому виходить із насичення і його напруга знижується. Зменшується також  $U_{з.н.}$ . У момент часу  $t_3$  знову  $U_{з.н.} = U_{вх.}$ ,  $U_{з.р.} = 0$ ,  $U_{з.п.} = 0$ , а напруга  $U_{з.ш.} = U_{з.ч.}$  досягає максимального значення. Сформований у такий спосіб сигнал надходить на вхід регулятора частоти системи ЧКЕП [5].

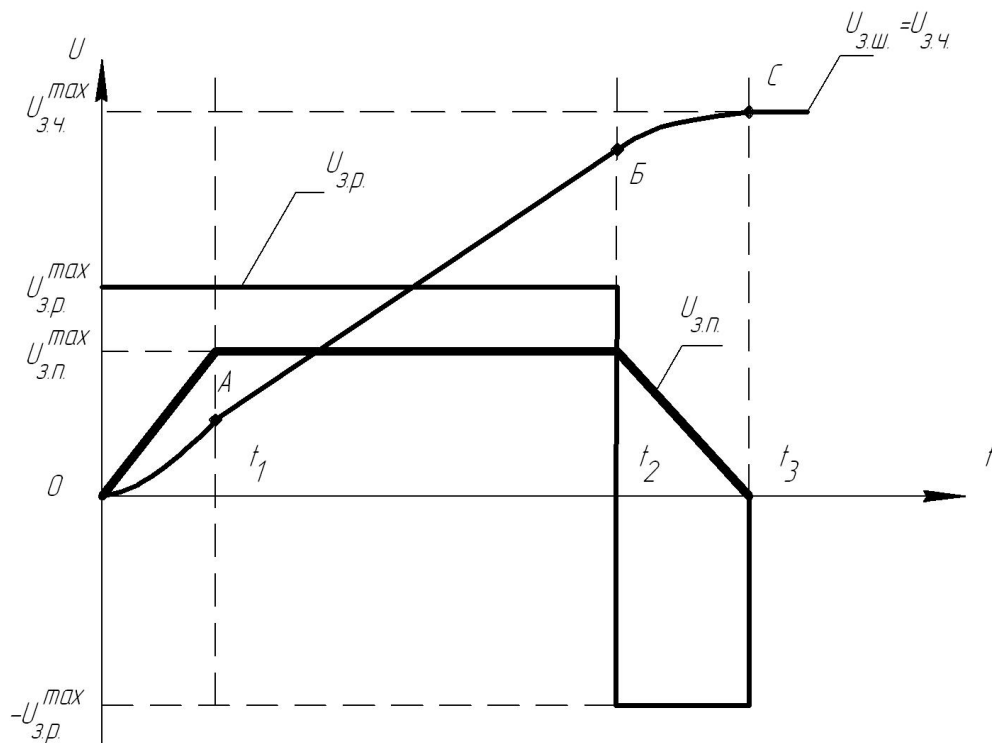


Рис.3 Діаграми зміни в часі вихідних напруг задатчиків ЧКЕП з обмеженням активної складової струму

Гальмування проходить відповідно у зворотному порядку до описаного процесу розгону ЧКЕП.

На графіку розгону (рис. 3) можна виділити три характерні ділянки:

1) ОА – час розгону від  $0$  до  $t_1$ . На цій ділянці постійним підтримується ривок, прискорення змінюється за лінійним законом, швидкість руху – по параболі, тобто:

$$\begin{aligned}
 p_{OA} &= p_{\max}, \\
 a_{OA} &= p_{\max} t, \\
 v_{OA} &= \frac{p_{\max} t^2}{2},
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

де  $p_{OA}$ ,  $a_{OA}$ ,  $v_{OA}$  – відповідно значення ривка, прискорення та швидкості на ділянці OA;

$t$  – час руху;

$p_{\max} = 20 \text{ м/с}^3$  – максимально припустиме значення ривка для пасажирів ЧКЕП, що перевозять людей [2].

Наприкінці цієї ділянки рух характеризується наступними параметрами:

$$\begin{aligned}
 p_A &= 0, \\
 a_A &= p_{\max} t, \\
 v_A &= \frac{p_{\max} t_1^2}{2} = \frac{a_{\max}^2}{2p_{\max}},
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

де  $p_A$ ,  $a_A$ ,  $v_A$  – відповідно значення ривка, прискорення та швидкості наприкінці ділянки OA в точці A.

Час руху на 1-й ділянці від 0 до  $t_1$  складе:

$$T_1 = \frac{a_{\max}}{p_{\max}}.
 \tag{3}$$

2) AB – час розгону від  $t_1$  до  $t_2$ . На цій ділянці рух здійснюється з постійним прискоренням, швидкість змінюється за лінійним законом, а ривок відсутній, тобто:

$$\begin{aligned}
 p_{AB} &= 0, \\
 a_{AB} &= a_{\max}, \\
 v_{AB} &= v_A + a_{\max} t,
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

де  $p_{AB}$ ,  $a_{AB}$ ,  $v_{AB}$  – відповідно значення ривка, прискорення та швидкості на ділянці AB.

Час руху на цій ділянці й швидкість наприкінці цієї ділянки залежать від величини номінальної швидкості об'єкта:

$$v_B = v_A + a_{\max}(t_2 - t_1) = v_{\text{ном.}} - \frac{a_{\max}^2}{2p_{\max}}, \quad (5)$$

де  $v_B$  – швидкість наприкінці ділянки АБ в точці Б;

$v_{\text{ном.}}$  – номінальна швидкість об'єкта.

Звідси час проходження другої ділянки:

$$t_1 - t_2 = T_2 = \frac{v_H - v_A}{a_{\max}} - \frac{a_{\max}}{2p_{\max}}. \quad (6)$$

3) БВ – час розгону від  $t_2$  до  $t_3$ . На цій ділянці ривок має максимальне значення, прискорення знижується за лінійним законом до 0, швидкість досягає номінального значення, тобто:

$$\begin{aligned} p_{\text{БВ}} &= -p_{\max}, \\ a_{\text{БВ}} &= a_{\max} - p_{\max}t, \\ v_{\text{БВ}} &= v_B - \int_0^t a_{\text{БВ}} dt, \end{aligned} \quad (7)$$

де  $p_{\text{БВ}}$ ,  $a_{\text{БВ}}$ ,  $v_{\text{БВ}}$  – відповідно значення ривка, прискорення та швидкості на ділянці БВ;

$t$  – час, що відлічується від моменту  $t_2$ .

Наприкінці ділянки одержуємо усталений рух, тобто:

$$\begin{aligned} p_{\text{В}} &= 0, \\ a_{\text{В}} &= 0, \\ v_{\text{В}} &= v_H, \end{aligned} \quad (8)$$

де  $p_{\text{В}}$ ,  $a_{\text{В}}$ ,  $v_{\text{В}}$  – відповідно значення ривка, прискорення та швидкості наприкінці ділянки БВ в точці В.

Процес пуску на цьому закінчений. Далі об'єкт рухається з номінальною швидкістю.

Практично реалізація наведеного графіка руху можлива шляхом формування сигналу, що задається мікропроцесорною системою керування (МПСК), відповідного до цього графіка й подаваного на вхід системи керування інвертором, побудованої за принципом підлеглого регулювання.

Параметри задатчика інтенсивності можуть бути розраховані, виходячи з наступних міркувань:

а) в точці В графіка прискорення відсутнє ( $a_B=0$ ), швидкість стає номінальною ( $v_B = v_{ном.}$ ), тоді:

$$U_{вх.} - k_2 v_{ном.} = 0,$$
$$k_2 = \frac{U_{вх.}}{v_{ном.}}, \quad (9)$$

де  $k_2$  – коефіцієнт зворотного зв'язку системи за швидкістю.

б) в точці Б графіка прискорення має максимальне значення,  $a=a_{max}$ ; швидкість - значення  $v_B$ , а ривок повинен змінювати знак, тоді рівняння для напруг на вході датчика інтенсивності:

$$U_{вх.} - k_1 U_{a_{max}} - k_2 v_B = 0,$$
$$k_1 = \frac{U_{вх.} - k_2 v_B}{U_{a_{max}}}. \quad (10)$$

## Висновки

Приведений задатчик інтенсивності з обмеженням активної складової струму для використання в транспортних та вантажопідйомних частотно-керованих електроприводах, з високими вимогами до якості та параметрів зміни швидкості руху об'єкта керування, дає змогу збільшити середню швидкість руху, що визначає продуктивність вантажопідйомних та транспортних електроприводів, скорочує час пуску й гальмування. При цьому оптимально витримуються прискорення й ривок, що дозволяє уникнути несприятливого фізіологічного впливу на пасажирів, фізичного впливу на вантаж.

## Список літератури

1. Носков В.И. Моделирование и оптимизация систем управления и контроля локомотивов. Научное издание / Носков В.И., Дмитренко В.Д., Заполовский Н.И., Леонов С.Ю. – Х.: ХФИ «Транспорт Украины», 2003. – 248 С.
2. Осипов С.И. Основы тяги поездов. / Осипов С.И., Осипов С.С. – М.: УМК МПС России, 2000. – 592 С.

3. Ключев В.И. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов / Ключев В. И., Терехов В. М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов: Учебник для вузов.— М.: Энергия, 1980. – 360 С.

4. Добробаба Ю.П. Разработка оптимальных по быстродействию диаграмм перемещения электроприводов с упругими валопроводами. Постановка задач. / Добробаба Ю.П., Коноплин В.И. // Мат-лы междун. науч.-практич. конференции «Электроэнергетические комплексы и системы» / Кубан. гос. технол. ун-т. – Краснодар: Изд. ГОУ ВПО «КубГТУ», 2006. – С. 42–45.

5. Ключев В. И. Ограничение динамических нагрузок электропривода., – М.: "Энергия", 1971. – 320 С.