



УКРАЇНА

(19) UA (11) 75979 (13) C2  
(51) МПК (2006)  
B61L 23/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

## (54) СПОСІБ КОНТРОЛЮ ВІЛЬНОГО СТАНУ РЕЙКОВОЇ ЛІНІЇ

1

2

(21) 20040503611

(22) 14.05.2004

(24) 15.06.2006

(46) 15.06.2006, Бюл. № 6, 2006 р.

(72) Панченко Сергій Володимирович, Мойсеєнко Валентин Іванович, Панченко Наталія Георгіївна, Трубочанінова Карина Артурівна, Панченко Юрій Миколайович

(73) УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

(56) RU 2041099 C1 09.08.1995

RU 2112681 C1 10.06.1998

SU 1011425 A 15.04.1983

SU 650868 05.03.1979

SU 1794761 A1 15.02.1993

RU 200111443 20.06.2002

RU 93003350 A 20.10.1995

GB 809156 18.02.1959

GB 1461612 13.01.1977

DE 3325249 C1 31.01.1985

(57) Спосіб контролю вільного стану рейкової лінії, в якому у рейкову лінію подають і приймають з неї приймачем-передавачем сигнал контролю, аналіз сигналу контролю проводять на вході приймальної частини приймача-передавача по двох каналах, в першому каналі аналізу амплітуди визначають значення обвідної сигналу і її середні значення у нормальному та шунтовому режимах, за якими

визначають вирішальну статистику у вигляді кумулятивної суми, яку порівнюють з заданим пороговим значенням, при перевищенні якого формують сигнал логічної 1, у противному разі – сигнал логічного 0, у другому каналі аналізу фази сигналу визначається оцінка фази сигналу, по якій розраховується кумулятивна сума, яка порівнюється з заданим пороговим значенням, при перевищенні якого на виході каналу аналізу фази сигналу формується сигнал логічної 1, а в противному разі – сигнал логічного 0, якщо на виході хоча б одного з каналів аналізу амплітуди або фази сигналу формується сигнал логічного 0, то на виході приймача-передавача формується сигнал зайнятого стану рейкової лінії, який відрізняється тим, що при вмиканні живлення перед подачею сигналу контролю в рейкову лінію подається навчальний сигнал заданої тривалості, зміна якого з нормального режиму в шунтовий відбувається за рахунок шунтування входу приймальної частини приймача-передавача опором, еквівалентним нормативному опору ковзного шунта, що імітує накладення на рейкову лінію, на протязі якого визначають середні значення обвідної сигналу, які відповідають нормальному і шунтовому режимам та оцінці фази сигналу, які використовуються як задані порогові попередні значення при розрахунку кумулятивних сум.

Винахід належить до автоматики залізничного транспорту і може бути використаний для контролю стану рейкових ліній в системах з централізованим розміщенням апаратури.

Відомий спосіб контролю вільного стану рейкової лінії [патент RU 2112681 C1, кл. В 61 L 23/16 по заявці 95116435/28, пріоритет 22.09.95, опубліковано 10.06.98], в якому перед подачею сигналу контролю рейкової лінії в момент вмикання прийомопередавача видається навчальний сигнал заданої тривалості. Навчальний сигнал шляхом зміни амплітуди імітує перемикання рейкового кола із нормального режиму в шунтовий режим роботи. На вході приймальної частини прийомопередавача приймається навчальний сиг-

нал. Навчальний сигнал використовується для розрахунків середніх значень обвідної сигналу у нормальному і шунтовому режимах.

Для визначення середнього значення обвідної сигналу у нормальному і шунтовому режимах використовують фільтр Кальмана за формулою:

$$\theta_{h,i} = \theta_{h,i-1} + \sigma_{h,i}^2 \cdot \left( \frac{1}{\sigma_n^2} - \frac{1}{\sigma_{h,i-1}^2} \right) \cdot \sigma_n^2$$

$$\sigma_{h,i}^2 = \sigma_n^2 \cdot \sigma_{h,i-1}^2 / \left( \sigma_n^2 + \sigma_{h,i-1}^2 \right) \quad (1)$$

де  $\theta_{h,i}$  - середнє значення обвідної сигналу ( $h=1$  у шунтовому режимі,  $h=2$  у нормальному

(19) UA (11) 75979 (13) C2

режимі);

$\sigma_{n,i}^2$  - дисперсія оцінки;

$Y_k$  - значення обвідної сигналу;

$\sigma_n^2$  - дисперсія завад;

$k, i = 1, 2, 3, \dots, N$  - номер відліку сигналу.

Розраховані таким чином значення використовуються як задані початкові значення для визначення кумулятивної суми за формулою:

$$S_k = \left\{ S_{k-1} + Y_k \cdot \frac{\theta_2 - \theta_1}{\sigma^2} - \frac{\theta_2^2 - \theta_1^2}{2\sigma^2} \right\}, S_0 = 0 \quad (2)$$

де  $S_k$  - кумулятивна сума в момент часу  $k$ ;

$Y_k$  - обвідна сигналу;

$\theta_1$  - середнє значення обвідної сигналу у шунтовому режимі;

$\theta_2$  - середнє значення обвідної сигналу у нормальному режимі;

$\sigma^2$  - дисперсія завад.

Після закінчення навчального сигналу на вхід прийомопередавача поступає сигнал контролю стану рейкової лінії. В приймальній частині прийомопередавача визначається значення обвідної сигналу і її середні значення у нормальному та шунтовому режимах  $\theta_1$  і  $\theta_2$  за формулою 2. Отримані значення використовуються для розрахунку кумулятивної суми за формулою 1, яка порівнюється з пороговим значенням. Якщо кумулятивна сума більше порогового значення то формується сигнал вільного стану рейкової лінії, у протилежному разі формується сигнал зайнятого стану рейкової лінії.

Причини, які перешкоджають досягненню аналогом очікуваного технічного результату, полягають у наступному: при подачі навчального сигналу у зайняту рейкову лінію середні значення обвідної у нормальному і шунтовому режимах будуть різними, оскільки амплітуда навчального сигналу у нормальному і шунтовому режимах буде зменшуватися пропорційно, якщо навчальний сигнал у шунтовому режимі не дорівнює нулю, а якщо дорівнює, - то навчальний сигнал у нормальному режимі буде значно відрізнятися від нульового значення. Тому величина кумулятивної суми також буде відмінною від нуля і збільшуючись може перевищити порогове значення, в наслідок чого прийомопередавач буде видавати хибний сигнал вільного стану рейкової лінії.

Найбільш близьким за сукупністю ознак до запропонованого винаходу є спосіб контролю стану рейкових ліній, який описаний і реалізований фазочутливим приймачем для рейкового кола (патент RU 2041099 C1, кл. В 61L 23/16 по заявці 5007011/11, пріоритет 19.07.91, опубліковано 09.08.95, Бюл. №22), в якому прийомопередавач подає в рейкову лінію сигнал контролю. На вході приймальної частини прийомопередавача приймається сигнал і аналізується. Аналіз сигналу ведеться по двом каналам за двома признаками - амплітудним і фазовим.

Оцінка амплітуди сигналу проводиться за одним із відомих способів, наприклад, за визначен-

ням кумулятивної суми за формулою 2.

Розрахунок кумулятивної суми виконується з урахуванням заданих середніх значень обвідної, які відповідають нормальному і шунтовому режимам. Кумулятивну суму порівнюють з пороговим значенням, при перевищенні якого на виході каналу формують сигнал логічної "1", в протилежному разі сигнал логічного "0".

Для визначення середнього значення обвідної сигналу у нормальному і шунтовому режимах використовують фільтр Кальмана за формулою 1.

Оцінка фази сигналу проводиться за формулою:

$$\hat{\phi}_s = \sum_{k=1}^{10} \left[ \hat{U}_{nk} \cos(\omega t_k + \hat{\phi}_s) - Y_k \cdot \sin(\omega t_k + \hat{\phi}_s) \right] \times \left\{ \sum_{k=1}^{10} \left[ \frac{1}{2} - \hat{U}_{nk} \cos(\omega t_k + \hat{\phi}_s) \right] \cdot \cos(\omega t_k + \hat{\phi}_s) \right\}^{-1}, \quad (3)$$

по якій визначається кумулятивна сума за формулою:

$$S_{\phi_{sk}} = \left\{ S_{\phi_{sk-1}} + \frac{\phi_n - \phi_{sh}}{\sigma_{\phi}^2} \left( \phi_s - \frac{\phi_n - \phi_{sh}}{2} \right) \right\}^+, S_{\phi_{s0}} = 0, \quad (4)$$

де  $S_{\phi_{sk}}$  - кумулятивна сума в момент часу  $k$ ;

$\phi_n, \phi_{sh}$  - значення фази сигналу, які відповідають нормальному і шунтовому режимам рейкового кола;

$\sigma_{\phi}^2$  - дисперсія фази сигналу  $\phi_s$ .

Якщо оцінка фази  $\phi_s$  знаходиться в діапазоні значень, який відповідає шунтовому режиму роботи рейкового кола (зайнятого стану рейкової лінії), то накопичення кумулятивної суми  $S_{\phi_s}$  не відбувається. Якщо на будь-якому  $i$ -ому кроці приріст кумулятивної суми становиться від'ємним, то відбувається примусове обнуління кумулятивної суми.

Якщо оцінка фази  $\phi_s$  знаходиться в діапазоні значень, який відповідає нормальному режиму роботи рейкового кола (вільного стану рейкової лінії), то відбувається накопичення кумулятивної суми  $S_{\phi_s}$  і при перевищенні її порогового значення канал аналізу фази формує "1" сигнал.

Сигнал вільного стану рейкової лінії формується якщо на виходах обох каналів обробки амплітуди і фази сигналу з'являються сигнали логічної "1", а в протилежному разі формується сигнал зайнятого стану рейкової лінії.

Недоліком такого способу контролю є те, що при вмиканні живлення прийомопередавача для оцінки амплітуди сигналу необхідно задавати початкові середні значення обвідної сигналу у шунтовому і нормальному режимах  $\theta_1$  і  $\theta_2$ . Постільки в якості цих середніх значень обвідної сигналу використовуються постійні значення, то це може привести до непогодження між настройкою

приймача і параметрами сигналу, що призведе до невірного визначення стану рейкової лінії. Крім того при вмиканні прийомопередавача різко зменшується ймовірність правильного визначення стану рейкової лінії і в каналі аналізу фази сигналу постільки приріст кумулятивної суми відбувається тільки при знаходженні фази сигналу в області значень, яка відповідає вільному стану рейкової лінії, яка є невизначеною - фаза сигналу може приймати одне й те ж саме значення при вільній та зайнятій рейковій лінії при значній зміні питомого опору ізоляції рейкової лінії, а також із-за використання в якості значень фаз сигналу  $\varphi_n$ ,  $\varphi_{ш}$ , що відповідають нормальному і шунтовому режимам рейкового кола постійних значень.

Технічний ефект винаходу є підвищення точності контролю. Технічний ефект досягається тим, що попереднє визначення середніх значень обвідної сигналу, які відповідають шунтовому та нормальному режимам і використовуються як задане початкове значення для розрахунку кумулятивної суми, а також оцінка фази сигналу проводиться при шунтуванні входу приймальної частини прийомопередавача опором еквівалентним нормативному опорі поїзного шунта, який ніби-то накладений на рейкову лінію.

Функціональна схема пристрою, який реалізує описаний спосіб контролю вільного стану рейкової лінії приведена на фіг.

Прийомопередавач 1, до виходу якого підключений елемент фіксації стану рейкової лінії 2, через пристрій захисту і поєднання 3 подає і приймає з рейкової лінії 4 навчальний сигнал і сигнали контролю.

Контроль вільного стану рейкової лінії виконується наступним чином. Після вмикання живлення Прийомопередавач подає в рейкову лінію навчальний сигнал заданої тривалості. Навчальний сигнал відповідає сигналу контролю у нормальному режимі. На протязі першої половини тривалості навчальне сигналу визначається в каналі аналізу амплітуди сигналу середнє значення обвідної сигналу у нормальному режимі за формулою 1 та в каналі аналізу фази сигналу оцінка фази сигналу за формулою 3. На протязі другої половини навчального сигналу вхід приймальної частини прийомопередавача шунтується опором еквівалентним нормативному опорі поїзного шунта, який ніби-то накладений на рейкову лінію і визначається в каналі аналізу амплітуди сигналу середнє значення обвідної сигналу для шунтового режиму за формулою 1.

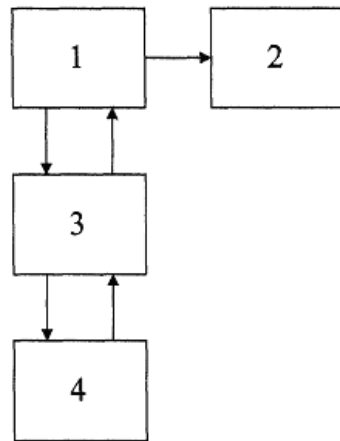
Визначені, таким чином, середні значення обвідних сигналу для шунтового режиму  $\theta_1$  і нормального режиму  $\theta_2$  порівнюють між собою. Якщо різниця між ними перевищує задане порогове значення (навчальний сигнал подавався у вільну рейкову лінію), то визначені значення обвідної сигналу та її середні значення  $\theta_1$  і  $\theta_2$  використовуються для

розрахунку кумулятивної суми  $S_k$  за формулою 2 постільки вона перевищує задане порогове значення на виході каналу аналізу амплітуди формується сигнал логічної "1". Крім того в каналі аналізу фази сигналу розраховується кумулятивна сума за формулою 4, яка теж перевищує задане порогове значення і на виході каналу аналізу фази формується сигнал логічної "1", в результаті прийомопередавач формує сигнал вільного стану рейкової лінії.

Якщо різниця між середніми значеннями обвідної сигналу для нормального  $\theta_2$  і шунтового режиму  $\theta_1$  не перевищує задане порогове значення (навчальний сигнал подавався у зайняту рейкову лінію), то середнє значення обвідної сигналу для шунтового режиму  $\theta_1$ , визначене при шунтуванні входу приймальної частини прийомопередавача опором еквівалентним нормативному опорі поїзного шунта, який ніби-то накладений на рейкову лінію, порівнюється за середнього значення обвідної сигналу для нормального режиму  $\theta_2$  ( $\theta_1 = \theta_2$ ), визначеному без шунтування входу приймальної частини прийомопередавача. При цьому, розрахована в каналі аналізу амплітуди сигналу за формулою 2, кумулятивна сума  $S_k$  дорівнює нулю  $S_k = 0$  і на виході каналу аналізу амплітуди формується сигнал логічного "0". В результаті прийомопередавач формує сигнал зайнятого стану рейкової лінії.

Після закінчення навчального сигналу шунт з входу приймальної частини прийомопередавача відключається. На вхід прийомопередавача поступає сигнал контролю стану рейкової лінії. В приймальній частині каналу аналізу амплітуди сигналу прийомопередавача визначається значення обвідної сигналу і її середнє значення у нормальному та шунтовому режимах  $\theta_1$  і  $\theta_2$  за формулою 1. Отримані значення використовуються для розрахунку кумулятивної суми  $S_k$  за формулою 2, яка порівнюється з пороговим значенням. Якщо кумулятивна сума  $S_k$  більше порогового значення то на виході каналу аналізу амплітуди формується сигнал логічної "1", а в протилежному разі - формується сигнал логічного "0". В каналі аналізу фази сигналу визначається оцінка фази сигналу  $\varphi_s$  за формулою 3 і розраховується кумулятивна сума  $S_{\varphi_s}$  за формулою 4. Якщо кумулятивна сума  $S_{\varphi_s}$  перевищує задане порогове значення, то на виході каналу аналізу фази сигналу формується сигнал логічної "1" і в результаті прийомопередавач формує сигнал вільного стану рейкової лінії.

Якщо на виході хоча б одного з каналі аналізу амплітуди або фази сигналу формується сигнал логічного нуля "0", то на виході прийомопередавача формується сигнал зайнятого стану рейкової лінії.



Фіг.