

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. В. Pacejka. Tyre and vehicle dynamics. Butterworth-Heinemann, SAE, 2006. - 622 p. - ISBN 0 7506 5141 5.
2. R. Rajamani. Vehicle dynamics and control. University of Minnesota, USA, 2006. – 485 p. - ISBN 9780387263960.
3. Вонг Дж. Теория наземных транспортных средств: Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1982. – 284 с.
4. Литвинов А. С. Управляемость и устойчивость автомобиля. М.: Машиностроение, 1971, 416 с.
5. Моделювання керованості автопотяга / Дячук М.В., Петренко Д.І. // Зб. наук. пр.: Інтенсифікація робочих процесів будівельних та дорожніх машин; Вип. 51 - Дн-ськ: ПДА-БА, 2009, С. 199-209.
6. Т. Леви-Чевита, У. Амальди. Курс теоретической механики. Пер. с итал. Д. И. Кутилина. – М.: Издательство иностранной литературы, 1951. 200 с.
7. Эллис Д.Р. Управляемость автомобиля. Пер. с англ. - М., «Машиностроение». 1975, 216 с.

УДК 53.082.4

**Г.М. КОВШОВ, докт. техн. наук, О.В. САДОВНИКОВА, канд.техн.наук,
О.А. ПОНОМАРЬОВА, ас.**

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ПРОСТОРОВИХ КООРДИНАТ ОБ'ЄКТУ В ХОДІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Застосування нових технологій в галузі автоматизації технологічних процесів, у будівництві, геологорозвідці й на виробництві ставить проблему розробки нового підходу до одержання й обробки інформації від первинних перетворювачів, що забезпечував би використання датчиків невисокої вартості з поліпшеними точнісними показниками, а також максимальною швидкістю одержання інформації про досліджуваний процес.

Технологічні процеси використання будівельної, дорожньої, бурової геофізичної техніки характеризуються впливом високих вібраційних й ударних навантажень, широким

діапазоном коливання температури навколишнього середовища. Тому питання дослідження й розробки датчиків, здатних ефективно працювати в таких складних умовах, а також способів перетворення сигналів від них, залишається сьогодні актуальним завданням.

Аналіз останніх розробок та публікацій, показав, що перетворення сигналів від параметричних датчиків в основному здійснюється або мостовим способом, або способом на основі генераторної вимірювальної схеми [1, 2]. Останній спосіб переважніше через більш високу чутливість, але уступає мостовому по швидкодії.

Відомий спосіб і пристрій детектування положення, у якому датчик індуктивного типу використовують як елемент керування в релаксаційному ланцюгу генератора [3]. При подачі на датчик електричного імпульсу час спаду перехідної напруги, що наводиться, використовують для модуляції частоти імпульсного генератора. Утворена на виході схеми частота визначається положенням електропровідного або феромагнітного об'єкта.

Недоліком даного способу є обмеження швидкодії, а також невисока точність виміру.

Відомий спосіб перетворення сигналів від датчиків індуктивного й резисторного типів, що складається з паралельно з'єднаних індуктивності L , резистора R і діода D [4]. Подача електричного імпульсу на з'єднанні паралельно індуктивність, опір і діод приводить до коливального перехідного процесу. Джерелом інформації служить тривалість перехідного процесу. Пристрій, що реалізує даний спосіб перетворення сигналів, має високу швидкість, але в силу перетворення первинного сигналу за схемою «параметри датчиків - тривалість імпульсу - амплітуда імпульсу - код» зменшується точність виміру.

Пропонується, для визначення просторових координат об'єкту, використовувати параметричні датчики з кабельним каналом зв'язку й імпульсним живленням. Як метод визначення кутів просторової орієнтації використовувати площу відклику вихідного сигналу.

Розглянемо роботу системи, що описується диференціальним рівнянням наступного вигляду:

$$m\ddot{x} + k\dot{x} = F(t) \quad (1)$$

$$x(0) = 0 \quad (2)$$

$$\dot{x}(0) = 0 \quad (3)$$

Функція $F(t)$ дається формулою:

$$F(t) = \begin{cases} 0, & 0 \leq t \leq a, \\ A, & a < t < b, \\ 0, & t \geq b. \end{cases}$$

Заміна $y = \dot{x}$ (4) вираження (1) приводить до рівняння першого порядку $m\dot{y} + ky = F(t)$ (5). Загальне рішення однорідного рівняння $m\dot{y} + ky = 0$ дається формулою $y = C \cdot e^{-\frac{k}{m}t}$, вважаючи

$$y = C \cdot e^{\omega t}. \quad (6)$$

Далі, вважаючи $C=C(t)$ і підставляючи (6) в (5), одержимо

$$m[C'(t) \cdot e^{\omega t} + C(t)\alpha \cdot e^{\omega t}] + kC(t) \cdot e^{\omega t} = F(t), \text{ або}$$

$$mC'(t) \cdot e^{\omega t} = F(t), \text{ або } C'(t) = \frac{F(t)}{m} \cdot e^{-\omega t}.$$

Отже: $C(t) = C(0) + \int_0^t \frac{F(\tau)}{m} \cdot e^{-\omega\tau} d\tau$. Таким чином, відповідно до вираження (6) загальне

рішення рівняння (5) дається вираженням: $y(t) = C \cdot e^{\omega t} + e^{\omega t} \int_0^t \frac{F(\tau)}{m} \cdot e^{-\omega\tau} d\tau$.

Тому $\dot{x}(t) = Ce^{\omega t} + e^{\omega t} \int_0^t \frac{F(\tau)}{m} e^{-\omega\tau} d\tau$. Тому що в силу вираження (3) $\dot{x}(0) = 0$, то одержуємо $C=0$

$$x(t) = x(0) + \frac{1}{m} \int_0^t \left[e^{\omega\tau} \int_0^{\tau} F(s) e^{-\omega s} ds \right] d\tau.$$

І, нарешті, з огляду на вираження (2) маємо:

$$x(t) = \frac{1}{m} \int_0^t \left[e^{\omega\tau} \int_0^{\tau} F(s) e^{-\omega s} ds \right] d\tau. \quad (7)$$

Формула (7) дає рішення вихідного завдання. Обчислимо функцію

$$\hat{O}(t) = \int_0^t F(s) e^{-\omega s} ds. \quad (8)$$

При $0 \leq t \leq a$ маємо $\hat{O}(t) \equiv 0$. При $a \leq t \leq b$ маємо $\hat{O}(t) = \int_a^t A e^{-\omega s} ds = -\frac{A}{\alpha} e^{-\omega s} \Big|_a^t$, тобто

$$\hat{O}(t) = -\frac{A}{\alpha} [e^{-\omega t} - e^{-\omega a}] \text{ При } t > b \text{ одержуємо, що } \hat{O}(t) = \int_a^b A e^{-\omega s} ds = -\frac{A}{\alpha} [e^{-\omega b} - e^{-\omega a}]$$

$$\text{Отже: } \hat{O}(t) = \begin{cases} 0, & 0 \leq t \leq a; \\ -\frac{A}{\alpha} [e^{-\omega t} - e^{-\omega a}], & a \leq t \leq b \\ -\frac{A}{\alpha} [e^{-\omega b} - e^{-\omega a}], & t > b. \end{cases} \quad (9)$$

Тепер, тому що, відповідно до виражень (7), (8) $x(t) = \frac{1}{m} \int_0^t e^{\alpha \tau} \Phi(\tau) d\tau$ то з огляду на ви-

раження (9) одержуємо, що $x(t) \equiv 0$, $t \in [0, a]$; при $a \leq t \leq b$ маємо

$$x(t) = \frac{1}{m} \int_0^t e^{\alpha \tau} \frac{A}{\alpha} [e^{-\alpha a} - e^{-\alpha \tau}] d\tau = \frac{A}{\alpha m} \int_a^t [e^{\alpha(\tau-a)} - 1] d\tau = \frac{A}{\alpha m} \left\{ \frac{1}{\alpha} [e^{\alpha(t-a)} - 1] - t + a \right\},$$

при $t > b$ маємо $x(t) = \frac{A}{\alpha m} \int_a^b [e^{\alpha(\tau-a)} - 1] d\tau + \frac{1}{m} \int_b^t e^{\alpha \tau} \left(-\frac{A}{\alpha}\right) [e^{-\alpha b} - e^{-\alpha a}] d\tau$, або

$$x(t) = \frac{A}{\alpha m} \left[\frac{1}{\alpha} [e^{\alpha(b-a)} - 1] - b + a \right] - \frac{A}{\alpha m} [e^{\alpha b} - e^{-\alpha a}] \frac{1}{\alpha} [e^{\alpha t} - e^{\alpha b}] =$$

$$\frac{A}{\alpha m} \left\{ a - b + \frac{1}{\alpha} e^{\alpha(b-a)} - \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\alpha} - e^{\alpha(b-a)} - \frac{1}{\alpha} e^{\alpha t} (e^{-\alpha b} - e^{-\alpha a}) \right\} = \frac{A}{\alpha m} \left[a - b - \frac{1}{\alpha} e^{\alpha t} (e^{-\alpha b} - e^{-\alpha a}) \right]$$

$$\text{Отже } x(t) = \begin{cases} 0, & 0 \leq t \leq a \\ \frac{A}{\alpha m} \left[\frac{1}{\alpha} e^{\alpha(t-a)} - \frac{1}{\alpha} - t + a \right], & a \leq t \leq b \\ \frac{A}{\alpha m} \left[a - b - \frac{1}{\alpha} e^{\alpha t} (e^{-\alpha b} - e^{-\alpha a}) \right], & t > b. \end{cases} \quad (10)$$

З формули (10) витікає, що $x'(t) = \frac{A}{\alpha m} [e^{\alpha(t-a)} - 1] > 0$ ($\alpha < 0$). При $t > b$ маємо

$$x'(t) = \frac{A}{\alpha m} e^{\alpha t} (e^{-\alpha a} - e^{-\alpha b}) > 0.$$

Таким чином, $x=x(t)$ монотонно зростаюча функція (рис. 1)

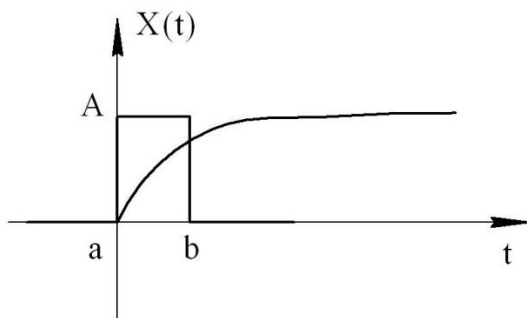


Рис.1. Графік функції $X(t)$.

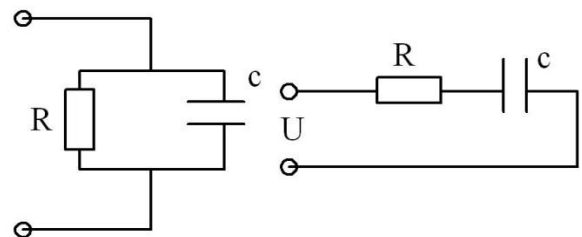


Рис.2. Схема електричного контуру з паралельним й послідовним з'єднанням елементів.

Розглянемо заряд і розряд електричного ланцюга (рис. 2), що описується диференціальними рівняннями:

а) $T\dot{\xi} + \xi = a, \xi(0) = 0$; б) $T\dot{\xi} + \xi = 0, \xi(0) = a$, де $T=RC$ або $T=L/R$, а $a = u_0, i_0$; $\xi = u, i$.

Рішення рівнянь мають вигляд а) $\xi = a(1 - e^{-\frac{t}{T}})$, б) $\xi = ae^{-\frac{t}{T}}$. Графіки рішення мають вигляд, як на рис. 3.

Визначимо площі S_1 й S_2 , які обмежуються віссю $0t$ і функцією $\xi(t)$. Величини t_1 й a_1 змінюються в інтервалі $0 \leq t_1 \leq \infty$; $0 \leq a_1 \leq a$ (рис. 4).

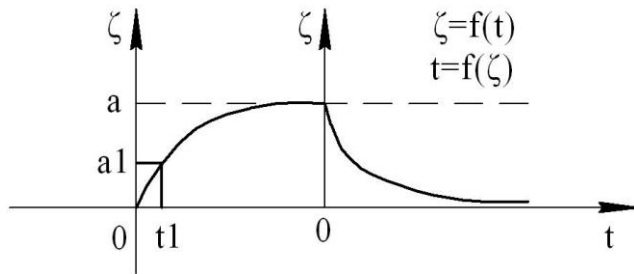


Рис. 3. Графік перехідного процесу заряду, розряду електричного ланцюга.

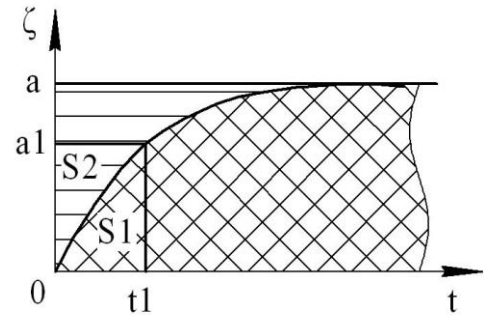


Рис. 4. Перехідний процес при зарядці електричного ланцюга.

$$S_1 = \int_0^{t_1} \xi(t) dt = a \int_0^{t_1} (1 - e^{-\frac{t}{T}}) dt = a \int_0^{t_1} dt - a \int_0^{t_1} e^{-\frac{t}{T}} dt = at_1 - aT(1 - e^{-\frac{t_1}{T}}).$$

$$S_1 = at_1 - aT + aTe^{-\frac{t_1}{T}}. \quad (11)$$

Площа S_2 можемо визначити як різницю площ:

$$S_2 = a_1 t_1 - at_1 + aT - aTe^{-\frac{t_1}{T}} = (a_1 - a)t_1 + a(1 - e^{-\frac{t_1}{T}}).$$

$$S_2 = (a_1 - a)t_1 + aT(1 - e^{-\frac{t_1}{T}}). \quad (12)$$

Визначимо площу S_1 при $t_1 = T$ з рівняння (11):

$$S_1 = aT - aT + aTe^{-1} = \frac{a}{e}T. \quad (13)$$

Площа S_2 при $t_1 = T$ визначитися з формули

$$S_2 = a(1 - \frac{1}{e})T - aT + aT - aTe^{-1} = a(1 - \frac{2}{e})T. \quad (14)$$

При $t_1 = 6 \div 7T$, що відповідає нескінченно великому часу перехідного процесу:

$$t_1 \rightarrow \infty, a_1 = a, e^{-\frac{t_1}{T}} \rightarrow 0, S_1 = at_1 - aT \rightarrow \infty.$$

Площа S_2 після закінчення перехідного процесу дорівнює $S_2 = aT$, звідки відповідно

$$T = \frac{1}{a}S_2.$$

Таким чином, вимірюючи площу охоплену функцією $f(\xi)$ й віссю $O\xi$ визначаємо один із шуканих параметрів L, C, R залежно від типу перетворювача. Залежно від точності системи й необхідної швидкодії за основу виміру можна прийняти визначення площ S_1 й S_2 при $t_1 = T, 3T, 4.5T, 7T$.

Визначимо площу перехідного процесу при розрядці електричного ланцюга (рис. 5):

$$S = a \int_0^{t_1} e^{-\frac{1}{T}t} dt = -aT \int_0^{t_1} e^{-\frac{1}{T}t} d\left(-\frac{1}{T}t\right) = -aT(e^{-\frac{1}{T}t_1} - e^0) = aT(1 - e^{-\frac{1}{T}t_1}). \quad (15)$$

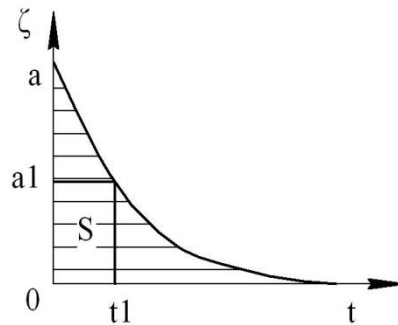


Рис. 5. Перехідний процес при розрядці електричного ланцюга.

Площа при розрядці:

1. при $t_1 \rightarrow \infty$ ($t_1 = 6 \div 7T$) $S = aT$, тобто після закінчення перехідного процесу площа пропорційна постійній часу;

2. при $t_1 = T$ $S = aT(1 - \frac{1}{e}) \cong 0.632aT$;

3. при $t_1 = 3T$ $S = aT(1 - \frac{1}{e^3}) \cong 0.95aT$;

4. при $t_1 = 5T$ $S = aT(1 - \frac{1}{e^5}) \cong 0.99aT$.

Отже, залежно від типу перетворювача (індуктивний, ємнісний або потенціометричний), задавшись необхідною точністю системи й часом виміру (t_1) визначаємо площу перехідного процесу. Як показують наведені обчислення, площі S_1 й S_2 прямо пов'язані з кутами просторової орієнтації свердловини.

Висновки.

1. Аналіз останніх розробок показав, що відомі методи отримання інформації про вимірювальну величину, мають показники точності та швидкості, недостатні для ефективних вимірювань в процесі роботи об'єкта.

2. Запропоновано метод визначення просторових параметрів об'єкту за площею відклику вихідного сигналу датчика орієнтації.

3. Запропонований метод можна використовувати для створення датчиків кутів нахилів зі змінною ємністю або індуктивністю.

4. Метод дозволяє підвищити точність вимірів, зменшити час вимірювання, спростити конструкцію перетворювача, знизити споживання електроенергії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мирошников В.В. Феррозонд с повышенной помехоустойчивостью для многоэлементных датчиков // Технічна електродинаміка. – 1999. – №2. – С. 74 – 76.

2. Мирошников В.В., Шевченко А.И. Проектирование дифференциального феррозонда // Вісник Східноукраїнського державного університету. – 1997. – №4. – С. 135 – 140.

3. Пат. 5198764 USA, 30.03.1993. Position detector apparatus and method utilizing a transient voltage waveform processor.

4. А. с. 2168728 RU, МКИ⁷ G 01 R 27/02/ В.И. Смирнов (Россия). – №99126361/09; Заявлено 14.12.99; Опубл.10.06.01, Бюл. №16. – 5 с.

УДК 519.87:681.586:53.088

Г.Н. КОВШОВ, докт.техн.наук, Л.И. ЖИВЦОВА, аспирант.

Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДАТЧИКА КРЕНА НА ОСНОВЕ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ ДЛЯ ГРУЗОВЫХ МАШИН

Постановка проблемы. Для контроля и определения угла отклонения от вертикали кузова грузовой машины при погрузке и разгрузке, применяются датчики крена [10].

При разгрузке грузовой машины происходит смещение центра тяжести груза и кузова грузовой машины по вертикали вверх. Из-за небольших наклонов в вертикальной плоскости, за счет не горизонтальности поверхности в месте разгрузки, возможно опрокидывание.

Для предотвращения опрокидывания предлагается контролировать отклонение кузова грузовой машины от вертикали.

В качестве датчика отклонения от вертикали могут быть использованы микромеханические акселерометры [1].