



УКРАЇНА

(19) UA (11) 26943 (13) U  
(51) МПК (2006)  
G01B 21/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

### (54) ДАТЧИК ЛІНІЙНИХ ПЕРЕМІЩЕНЬ

1

(21) u200706395

(22) 08.06.2007

(24) 10.10.2007

(72) ГОРДІН ОЛЕКСАНДР ГРИГОРОВИЧ, UA,  
СКИЧКО ЮЛІЯ ІВАНІВНА, UA(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ІМ. М.Є.ЖУКОВСЬКОГО  
"ХАРКІВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ", UA

(56)

(57) 1. Датчик лінійних переміщень, що містить корпус та шток, який відрізняється тим, що до його складу введено об'ємну призму, ходовий ролик, вісь якого зв'язана з пружним елементом, який зв'язаний з рухомою рамою, що з'єднана з корпусом за допомогою пружного елементу, у рухомій рамі розташований струнний перетворювач інформації, який містить дві струнні пружні розтяжки, закріплені одними своїми кінцями на рухомому вузлі закріплення, другими - на бокових вузлах закріплення, а кожна струнна пружна розтяжка знаходиться у полі постійного магніту, а рухомий вузол закріплення з'єднаний з рухомою рамою за допомогою пружних елементів, розташованих симетрично відносно поздовжньої осі рами, нерухомі вузли закріплення струнних

2

пружинних розтяжок з'єднані з корпусом за допомогою жорстких штифтів, нерухомо закріплених в корпусі, систему обробки інформації. 2. Датчик лінійних переміщень за п. 1, який відрізняється тим, що система обробки інформації включає два ідентичних канали, кожен з яких складається з автогенератора, блока узгодження, пристрою керування перетворювачем, перетворювача кількості імпульсів в код, генератора заповнювальних імпульсів та вихідного буферного регістра, причому вихід генератора з'єднаний зі входом блока узгодження, послідовно зв'язаного з пристроєм керування, один вихід якого підключений до першого входу перетворювача кількості імпульсів в код, а другий вихід - до першого керуючого входу вихідного буферного регістра, з інформаційним входом якого з'єднаний вихід перетворювача кількості імпульсів в код, а другий керуючий вхід вихідного буферного регістра з'єднаний з вихідним портом обчислювального пристрою, причому другий вхід перетворювача кількості імпульсів в код зв'язаний з виходом генератора заповнювальних імпульсів, а вихід вихідного буферного регістра з'єднаний з відповідним портом обчислювального пристрою.

Корисна модель відноситься до вимірювальної техніки і може бути використаний для контролю положення об'єктів в пристроях автоматики та управління, в механообробних станках та станках з числовим програмним управлінням.

Відомий оптико-електронний пристрій для вимірювання лінійних переміщень об'єкту [Деклараційний патент на Корисна модель. Україна. Пристрій для вимірювання переміщень об'єкта. Нестеров В.В., Карт О.М., Мілюков В.К. №25106, кл. G01B21/00, опубл. 25.12.98, Бюл. 6], який має лазер, нерівноплечий оптичний інтерферометр, фотоприймач, узкополосий підсилювач, фазовий детектор, підсилювач постійної напруги, вимірювач напруги, дзеркальний гальванометр, дискримінатор, генератор змінної напруги, додатково має п'єзоелектричний модулятор, розташований на

торці лазера і з'єднаний з генератором змінної напруги.

До недоліків такого пристрою відносяться: чутливість до зовнішніх впливів, зокрема вібрації, запиленості повітря, забруднення маслами, і т.д., котрі являються перешкодою на шляху променя світла; відносна складність пристрою. Ці недоліки негативно впливають на точність вимірювання лінійних переміщень об'єкту.

Відомий вимірювальний пристрій для верстатів з числовим програмним керуванням [Деклараційний патент на Корисна модель. Україна. Вимірювальний пристрій для верстатів з ЧПК. Глоба Л.С., Скицюк В.І., Плотников О.О. №68721, кл. G01B5/02, G01B21/04, опубл. 16.08.2004, Бюл. 8], який містить корпус, вимірювальний елемент, на корпусі розташовані очисне пристосування на захисній шторці, кінцеві

(13) U

(11) 26943

(19) UA

перемикачі, світлові індикатори, а вимірювальний елемент виконаний у вигляді електричних ізолюваних від корпусу плиток, з'єднаних з опорами за допомогою пружин, які електричне закріплені з розташованим в корпусі електронним блоком формування електромагнітного поля та обробки інформаційного сигналу з виводами підключення через блок світлових індикаторів та пристроєм узгодження до системи ЧПК верстатом.

Недоліком такого пристрою є складність конструкції, що впливає на точність вимірювання, а також обмежений діапазон переміщень рухомого об'єкта.

Відомий датчик механічних переміщень [Деклараційний патент на Корисна модель. Україна. Датчик механічних переміщень. Лисенко В.С., Богатиренко Є.Ф., Погиба В.П. №5723, кл. G01B7/00, опубл. 29.12.94, Бюл.№8-1] містить первинний перетворювач, виконаний у вигляді Ш-подібного сердечника з розміщеними на ньому обмоткою збудження та двома вимірювальними обмотками, тактовий генератор, з'єднаний з обмотками збудження первинного перетворювача, рухомий елемент, встановлений з можливістю переміщення відносно обмоток первинного перетворювача, також до складу входить первинний перетворювач, інтегратор, та тактуючий дешифратор, входи якого з'єднані з виходами інтеграторів, входи інтеграторів з'єднані з виходами відповідних первинних перетворювачів, кожен з яких обмоткою збудження з'єднаний з виходом тактового генератора, а його вимірювальні обмотки включені зустрічно-послідовно.

Недоліком такого пристрою є обмежений діапазон переміщень, а також чутливість до зовнішнього середовища, зокрема запиленості, забруднення, що впливає на точність вимірювання переміщення.

В якості прототипу обраний датчик лінійних переміщень штокового типу [Проектирование датчиков для измерения механических величин/Под редакцией Е.П. Осадчего. М. Машиностроение, 1979]. До складу датчика входить корпус, який є основним несучим елементом конструкції; шток - зубчата рейка, котра сприймає параметр, який вимірюється; передаточний механізм, який складається з системи зубчастих коліс і який створює перетворення лінійного переміщення у кут повороту і передачу із заданим передаточним відношенням кута повороту на вісь реостатного перетворювача; реостатний перетворювач, який перетворює обертальні рухи системи в пропорційний йому вихідний електричний сигнал. При переміщенні штока від впливу об'єкту вимірювання за допомогою зубчастої рейки, нарізаної на штоці, та шестерні відбувається перетворення лінійного переміщення штока у обертальний рух системи зубчастих коліс. Потім сигнал передається на вісь реостатного перетворювача, з'єднану з передаточною системою кулачковою муфтою. На осі перетворювача розташована токоз'ємна пружина, щітка якої їздить по резистивному елементу. Електричний вихід з токоз'ємної пружини

виконується через втулку та припаяну до неї спіральну пружину, яка забезпечує повернення всієї рухомої частини датчика у початковий стан.

До недоліків такого пристрою відноситься: використання потенціометра, який характеризується дискретністю виходу; люфти через використання великої кількості зубчастих пар, що впливають на нелінійність вихідного сигналу; використання елементів, між якими виникає тертя; має аналоговий вихід, який для стиковки з обчислювачем необхідно перетворювати, тобто дуже низька точність; також датчик має обмежений діапазон переміщень (5-200мм), тому у точних пристроях використання такого датчика не допускається.

Задача корисної моделі - підвищення точності виміру лінійних переміщень, збільшення діапазону переміщень, які вимірюються, зниження чутливості та реакції пристрою на зовнішні фактори, а також можливість з'єднання датчика лінійних переміщень з цифровим електронно-обчислювальним пристроєм.

Задача, яка поставлена, вирішується завдяки тому, що в датчик лінійних переміщень, який містить корпус та рухомий елемент - шток, що впливає на елемент передачі, у відповідності до корисної моделі введено призму, зв'язану з рухомою частиною, ходовий ролик, вісь якого за допомогою штоку зв'язана з пружним елементом (пружиною), і який зв'язаний з рухомою рамою, що з'єднана з корпусом за допомогою пружини, у рамі розміщений струнний перетворювач інформації, який містить дві струнних пружин розтяжки, закріплені одними своїми кінцями на центральному вузлі закріплення, другими - на бокових вузлах закріплення, а кожна струнна пружна розтяжка знаходиться у полі збудника коливань (постійного магніту), а рухомий вузол закріплення з'єднаний з рухомою рамою за допомогою пружних елементів (пружин), розташованих симетрично відносно повздовжньої осі рами, нерухомі вузли закріплення струнних пружинних розтяжок з'єднані з рамою за допомогою жорстких штифтів, нерухомо закріплені в корпусі та систему обробки інформації.

Задача, яка поставлена, досягається також тим, що система обробки інформації включає два ідентичних канали, кожен з яких складається з автогенератора, блока узгодження, пристрою керування перетворювачем, перетворювача кількості імпульсів в код, генератора заповнюючих імпульсів та вихідного буферного регістра, причому вихід генератора, який включає до свого складу струнну пружну розтяжку як чутливий елемент, з'єднаний зі входом блока узгодження, послідовно зв'язаного з пристроєм керування, один вихід якого підключений до першого входу перетворювача кількості імпульсів в код, а другий вихід - до першого керуючого входу вихідного буферного регістра, з інформаційним входом якого з'єднаний вихід перетворювача кількості імпульсів в код, а другий керуючий вхід вихідного буферного регістра з'єднаний з вихідним портом обчислювального пристрою, причому другий вхід перетворювача кількості імпульсів в код зв'язаний

з виходом генератора заповнюючих імпульсів, а вихід вихідного буферного регістра з'єднаний з відповідним портом обчислювального пристрою.

На фіг.1 наведено спрощену конструктивно-компоновочну схему датчика лінійних переміщень, на фіг.2 - схему системи обробки інформації, на фіг.3 - закони змінювання сигналу в схемі обробки інформації.

Датчик лінійних переміщень складається з корпусу 1, рухомого елемента 2 у вигляді об'ємної призми, зв'язаної з тілом, яке переміщується, ходовий ролик 3, вісь 4 якого зв'язана за допомогою штоку 5 з пружним елементом (пружиною) 6, а він, у свою чергу, зв'язаний з рухомою рамою 7, яка з'єднана з корпусом 1 за допомогою пружного елемента (пружини) 8. Всередині рухомої рами 7 розміщений струнний перетворювач інформації, до складу якого входить дві струнних пружних розтяжки 9 і 10, закріплені однією стороною на рухомому вузлі закріплення 11, а іншою - на нерухомих вузлах закріплення 12 і 13. Кожна струнна пружна розтяжка 9 і 10 знаходиться у полі збудника коливань постійного магніту 14 і 15 відповідно. Рухомий вузол закріплення 11 з'єднаний з рухомою рамою 7 за допомогою пружних елементів (пружин) 16, 17, 18, 19 розташованих симетрично відносно поздовжньої осі рухомої рами 7. Нерухомі вузли закріплення 12 і 13 струнних пружних розтяжок 9, 10 з'єднані з корпусом 1 за допомогою жорстких штифтів 20 і 21, нерухомо закріплені у корпусі 1.

Струнні пружні розтяжки 9 і 10 у початковому стані (у статичному режимі) мають попереднє (початкове) натягіння, при цьому власні частоти поперечних коливань обох розтяжок у полі магнітів 14 і 15 співпадають.

Система обробки інформації включає два ідентичних канала, кожний з яких складається з автогенератора 22, блока узгодження 23, пристрою керування перетворювачем 24, перетворювача кількості імпульсів в код 25, генератора заповнюючих імпульсів 26 та вихідного буферного регістра 27, причому вихід генератора з'єднаний зі входом блока узгодження 23, послідовно зв'язаного з пристроєм керування перетворювачем 24, один вихід якого підключений до першого входу перетворювача кількості імпульсів в код 25, а другий вихід - до першого керуючого входу вихідного буферного регістра 27, з інформаційним входом якого з'єднаний вихід перетворювача кількості імпульсів в код 25, а другий керуючий вхід вихідного буферного регістра 27 з'єднаний з вихідним портом 29 обчислювального пристрою 30, причому другий вхід перетворювача кількості імпульсів в код 25 зв'язаний з виходом генератора заповнюючих імпульсів 26, а вихід 28 вихідного буферного регістра 27 з'єднаний з відповідним портом обчислювального пристрою 30.

Обробка інформації здійснюється шляхом підрахунку кількості імпульсів генератора, які заповнюють половину періоду коливань сигналу автогенератора 22.

Гармонічно змінний сигнал з виходу автогенератора 22 надходить на вхід блоку узгодження 23, що служить для формування

сигналу з необхідними параметрами (амплітуда, форма, потужність і т.і.) і узгодження виходу автогенератора 22 із входом пристрою 24 керування перетворювачем. Пристрій 24 керування перетворювачем формуює сигнал, що є послідовністю імпульсів, період яких кратний періоду вихідного гармонічного сигналу автогенератора 22. Сигнал на виході генератора заповнюючих імпульсів 26 являє собою послідовність імпульсів з більш високою частотою проходження ( $f_{гз}$ ), ніж частота гармонічного сигналу автогенератора 22. Частота генератора заповнюючих імпульсів 26 вибирається такою, щоб період вихідного сигналу автогенератора 22 включав таку кількість імпульсів генератора заповнюючих імпульсів 26, що забезпечувало б необхідну точність та чутливість схеми попередньої обробки інформації.

Далі сигнал генератора заповнюючих імпульсів 26 та сигнал пристрою керування перетворювачем 24 надходять на входи перетворювача 25 кількості імпульсів в код, причому перетворювач кількості імпульсів в код містить керований лічильник, який перетворює означену кількість імпульсів за обраний проміжок часу в числовий код. Такий проміжок часу вибирається кратним періоду гармонічного сигналу автогенератора 22. Початкова корисна інформація зберігається у вихідному буферному регістрі 27 перед подальшим перетворенням за допомогою обчислювальних засобів. З вихідного регістру 27 інформація у кодовому вигляді видається за допомогою шини 28. Вхід 29 буферного регістру 27 необхідний для подачі на нього керуючого сигналу зчитування (виборки) інформації.

На фіг.3 наведені закони змінювання сигналу в схемі обробки інформації:  $S_{аг}$  - сигнал на виході автогенератора 22,  $S_{пкп}$  - сигнал на виході пристрою 24 керування перетворювачем,  $S_{гз}$  - сигнал на виході генератора заповнюючих імпульсів 26,  $S_{л}$  - сигнал на виході лічильника перетворювача частоти в код 25.

При переміщенні ролика 3 по похилій площині рухомого елемента 2 змінюється натягіння пружин 6 і 8. В результаті змінюється положення рухомої рами 7. При переміщенні рухомої рами 7 змінюється натягіння струнних пружних розтяжок 9 і 10, змінюється частота їх коливань. Залежність частоти коливань струни від сили натягіння має такий вигляд:

$$f^2 = \frac{F}{ml}, \quad (1)$$

де  $m$  - маса струни;

$l$  - довжина струни;

$F$  - сила натягіння струни.

Частоту коливань струни можна представити і в такому вигляді:

$$f_n = \frac{1}{T_n} = \frac{n}{2} \sqrt{\frac{F}{ml}}, \quad (2)$$

де  $n$  - номер гармоніки коливань струни.

Вважаємо, що схема обробки інформації (фіг.2) настроєна на виділення першої гармоніки коливань струнної пружної розтяжки ( $n=1$ ).

В тому випадку, якщо сила натягнення струни змінюється відносно початкового її значення  $F_0$  на величину  $\Delta F$ , співвідношення (2) для частоти власних коливань струнної пружної розтяжки можливо представити так:

$$f = f_0 + \Delta f = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{F_0 + \Delta F}{ml}}, \quad (3)$$

де  $f_0$  - частота власних коливань струнної пружної розтяжки в початковому стані,  $\Delta f$  - зміна частоти власних коливань.

Приріст (зміну) сили натягнення розтяжки наведемо у наступному вигляді:

$$\Delta F = \frac{ES\Delta l}{l}, \quad (4)$$

де  $\Delta l$  - подовження розтяжки, яке відповідає приросту (зміні)  $\Delta F$  сили натягнення;

$E$  - модуль пружності матеріалу розтяжки;

$S$  - площа поперечного перерізу струни.

Тепер співвідношення (3) наведемо у наступному вигляді:

$$f = f_0 + \Delta f = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{F_0}{ml} + \frac{ES}{ml^2} \Delta l}, \quad (5)$$

Для рейки запишемо наступну залежність:

$$y = kx, \quad (6)$$

де  $x$  - повздовжнє переміщення, що вимірюється;

$y$  - хід ролика та товчача;

$k = \text{const}$  - коефіцієнт нахилу площини, по якій переміщується ролик.

Приріст сили натягнення струн залежить від ходу ролика:

$$\Delta F = Cy, \quad (7)$$

де  $C$  - коефіцієнт пружності системи пружин 6 і 8, які з'єднують шток з рухомих вузлом закріплення струн;

$\Delta F$  - приріст сили натягнення струн за рахунок переміщення ролика по рейці.

У відповідності до залежності (3), маємо:

$$f^2 = \frac{1}{4} \left( \frac{F_0 + \Delta F}{ml} \right) = \frac{1}{4} \left( \frac{F_0}{ml} + \frac{Cy}{ml} \right), \quad (8)$$

З урахуванням двох струн:

$$f_9^2 = \frac{1}{4} \left( \frac{F_0}{ml} + \frac{Cy}{ml} \right), \quad f_{10}^2 = \frac{1}{4} \left( \frac{F_0}{ml} - \frac{Cy}{ml} \right), \quad (9)$$

Виділення інформації про лінійне переміщення  $x$  можливо за допомогою використання будь-якої зі струн, наприклад, струни 9:

$$f_9 = \frac{1}{T_9}, T_9 = \frac{1}{f_9}, \quad (10)$$

де  $T_9$  - період власних коливань струни 9.

При використанні принципу заповнювання на півперіоду коливань струни 9 імпульсами високої частоти

$$T_9 = n_n T_n, 0.5 T_9 = n_{np} \frac{1}{f_n}, \quad (11)$$

де  $n_n$  - кількість заповнюючих імпульсів за періода коливань струни 9;

$n_{np}$  - кількість заповнюючих імпульсів за півперіод коливань струни 9;

$T_n$  - період власних коливань;

$f_n$  - частота заповнюючих імпульсів.

Тобто:

$$T_9 = 2n_{np} \frac{1}{f_n}, \quad (12)$$

У відповідності до залежності (8):

$$2n_{np} \frac{1}{f_n} = \left[ \frac{1}{4} \left( \frac{F_0}{ml} + \frac{Cy}{ml} \right) \right]^{-\frac{1}{2}}, \text{ або } \frac{n_{np}}{f_n} = \left[ \left( \frac{F_0}{ml} + \frac{Cy}{ml} \right) \right]^{-\frac{1}{2}}, \quad (13)$$

З урахуванням залежності (6):

$$n_{np} = \frac{1}{f_n} \left[ \frac{F_0}{ml} + \frac{kCx}{ml} \right]^{-\frac{1}{2}}, \quad (14)$$

Маємо залежність, яку нам необхідно було отримати:

$$x = x(n_{np}), \quad (15)$$

Реалізація отриманої залежності (14) за допомогою обчислювального пристрою дає можливість знайти лінійне переміщення  $x$ .

Таким чином, використання в датчику лінійних переміщень об'ємної призми, зв'язаної з рухомою частиною, ходового ролику, вісь якого зв'язана з пружним елементом, який зв'язаний з рухомою рамою, що з'єднана з корпусом за допомогою пружного елементу, струнного перетворювача інформації, який містить дві струнних пружні розтяжки, закріплені одними своїми кінцями на рухомому вузлі закріплення, другими - на нерухомих вузлах закріплення, а кожна струнна пружна розтяжка знаходиться у полі постійного магніту, а рухомий вузол закріплення з'єднаний з рухомою рамою за допомогою пружних елементів, розташованих симетрично відносно повздовжньої осі рами, нерухомі вузли закріплення струнних пружинних розтяжок з'єднані з корпусом за допомогою жорстких штифтів, нерухомо закріплених в корпусі, дозволяє досягти наступного позитивного результату:

1. Підвищення точності виміру лінійних переміщень.

2. Збільшення діапазону переміщень, які вимірюються.

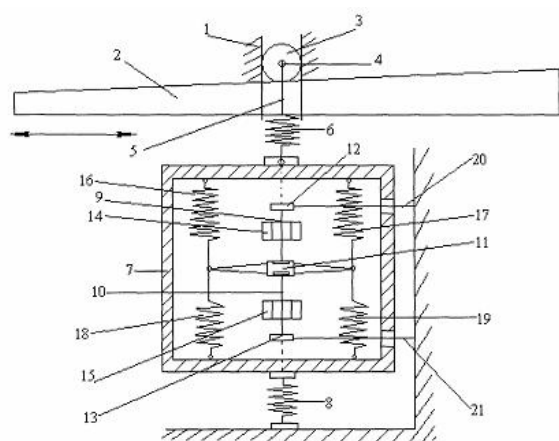
3. Зниження чутливості та реакції пристрою на зовнішні фактори.

4. Отримання можливості з'єднання датчика лінійних переміщень з цифровим електронно-обчислювальним пристроєм та автоматизації процесу вимірювання лінійних переміщень об'єкту.

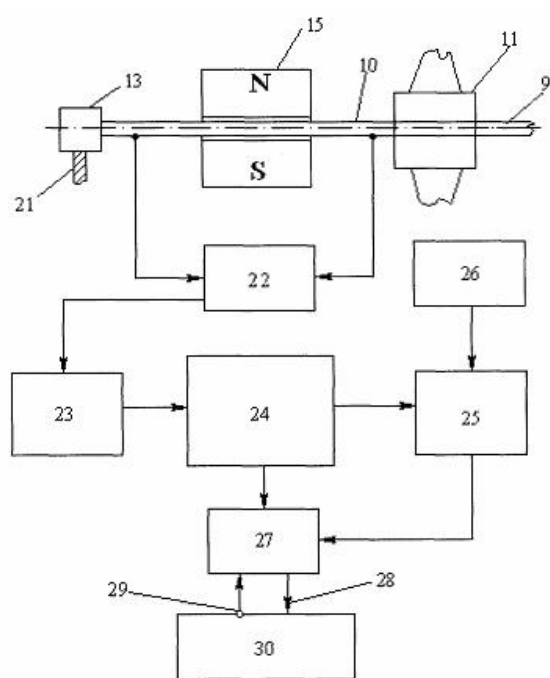
Використання датчика лінійних переміщень, який пропонується, в процесі вимірювання переміщень об'єктів забезпечить високу точність та дозволить автоматизувати процес шляхом використання обчислювальних засобів.

9

26943

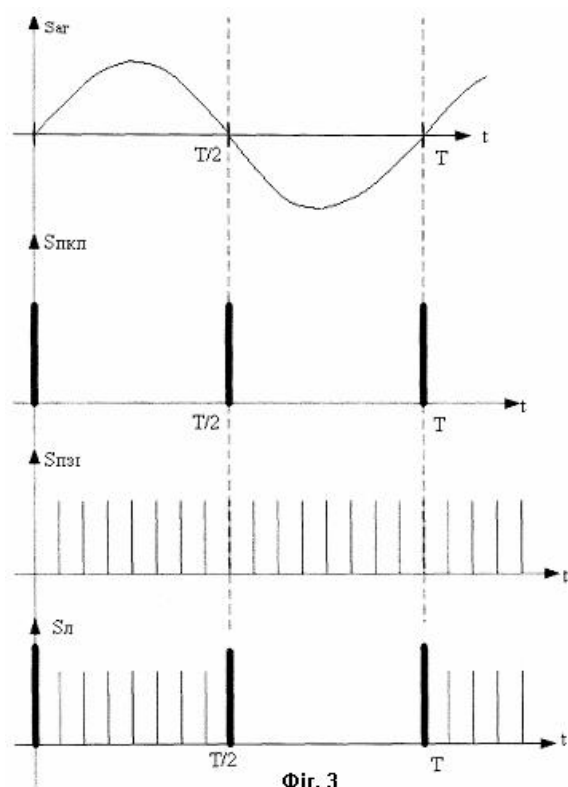


Фиг. 1



Фиг. 2

10



Фиг. 3