

В.П. КАЛІНЧИК, В.А. ПОБІГАЙЛО, В.В. КАЛІНЧИК, О.В.БОРИЧЕНКО, О.В. МЕЙТА

ПАРАМЕТРИЧНИЙ МЕТОД ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМАХ КОНТРОЛЮ ВИТРАТ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

В статті розглядається обґрунтування параметричного способу передачі інформації для побудови систем контролю витрат енергоресурсів. Показано, що система обліку енергоресурсів повинна являти собою розподілену багаторівневу систему вимірів, обробки, збереження й передачі даних комерційного обліку й будуватися на принципах відкритості архітектури та розподіленого функціонування. Показано, що організація ієрархічних комплексів для рішення завдань контролю в значній мірі залежить від питань ефективної передачі інформації і, що створення інформаційних мереж є найбільш складним завданням. Запропоновано ефективний схемотехнічний метод вирішення цієї задачі, заснований на принципі цифро-аналогового перетворення двійкового числа, що характеризує стан датчиків, у пропорційну йому напругу й відповідний двійковий код. Представлена структурна схема пристрою, що реалізує зазначений принцип. Запропоновано методику розрахунку параметрів пристрою передачі інформації від двопозиційних датчиків і приведено приклад розрахунку параметрів такого пристрою.

Ключові слова: облік, енергоресурси, передача інформації, параметричний метод.

V.P. KALINCHUK, V.A. POBIGAYLO, V.V. KALINCHUK, O.V. BORYCHENKO, O.V. MEITA

PARAMETRIC METHOD OF INFORMATION TRANSFER IN ENERGY RESOURCES EXPENDITURE CONTROL SYSTEMS

The article examines the justification of the parametric method of information transmission for the construction of energy resource consumption control systems. It is shown that the system of accounting for energy resources should be a distributed multi-level system of measurements, processing, storage and transmission of commercial accounting data and should be built on the principles of open architecture and distributed functioning. It is shown that the organization of hierarchical complexes for solving control tasks depends to a large extent on the issues of effective information transmission and that the creation of information networks is the most difficult task. sensors, into a voltage proportional to it and the corresponding binary code. The structural diagram of the device implementing the specified principle is presented. A method of calculating the parameters of the device for transmitting information from two-position sensors is proposed and an example of calculating the parameters of such a device is given.

Keywords: accounting, energy resources, information transfer, parametric method.

Вступ. Відповідно до Концепції [1], система обліку енергоресурсів повинна являти собою розподілену багаторівневу систему вимірів, обробки, збереження й передачі даних комерційного обліку й будуватися на принципах відкритості архітектури та розподіленого функціонування. Організація ієрархічних комплексів для рішення завдань управління в значній мірі залежить від питань ефективної передачі інформації [2]. Створення інформаційних мереж є найбільш складним завданням. Особливо актуальним і складним завданням є передача інформації від двопозиційних датчиків витрат енергоносіїв до системи. Число таких датчиків може досягати десятків і навіть сотень, причому вони можуть перебувати на значному віддаленні від пункту збору інформації, що приводить до значних витрат на створення ліній зв'язку з датчиками. Тому завдання скорочення числа ліній зв'язку є актуальним.

Метою роботи є обґрунтування параметричного способу передачі інформації для побудови систем контролю витрат енергоресурсів.

Викладення основного матеріалу. В [2,3] запропоновано досить ефективний схемотехнічний метод вирішення цієї задачі, заснований на принципі цифро-аналогового перетворення двійкового числа, що характеризує стан датчиків, у пропорційну йому напругу й відповідний двійковий код (рис. 1).

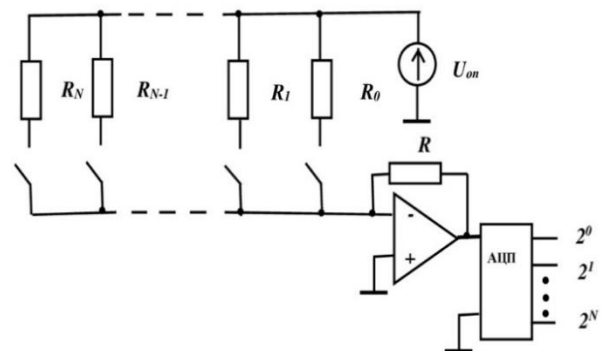


Рис. 1. Принцип передачі даних від двопозиційних пристроїв

При цьому відношення номіналів кодових резисторів повинні становити ступінь двійки, щоб при замкнутих ключах через них протікав струм, що відповідає вазі розряду. Завдяки тому, що операційний підсилювач за допомогою резистора охоплений петлею зворотного зв'язку, вузол підсумовування залишається під нульовим потенціалом і тим самим виключається взаємний вплив вагових струмів при підсумовуванні.

На рис. 2 представлена структурна схема пристрою, що реалізує зазначений принцип.

Пристрій містить блок 1 живлення, двопровідну лінію 2 зв'язку, блок 3 узгодження, блок 4 селекторів, що представляє собою аналого-цифровий перетворювач, реєструючий блок 5, що представляє собою комбінаційну схему й призначений для перетворення двійкового коду в номери датчиків, датчики 6.1-6.N, ключі 7.1-7.N, кодові резистори 8.1-8.N і базовий резистор 9, призначений для виділення напруги, пропорційної струму у двопровідній лінії 2 зв'язку.

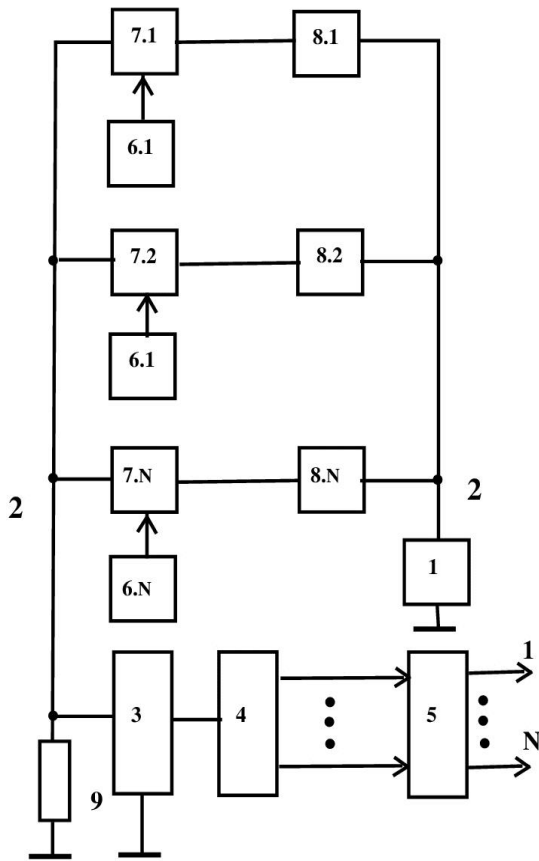


Рис. 2. Схема пристрою передачі інформації

Пристрій працює в такий спосіб. Вихідна напруга блоку 1 живлення через базовий резистор 9 подається у двопровідну лінію 2 зв'язку. При спрацьовуванні якого-небудь із датчиків 6.1-6.N замикається відповідний йому ключ 7.1-7.N і в двопровідній лінії 2 зв'язку протікає струм, що задається відповідним кодовим резистором 8.1-8.N. При протіканні струму через базовий резистор 9 на ньому виділяється напруга, пропорційна струму й однозначно пов'язана з номерами датчиків, що спрацювали, 6.1-6.N, так як номінали резисторів 8.1-8.N обрані відповідним чином, наприклад, пропорційно розрядним коефіцієнтам у двійковій системі числення: 2, 4, 8 і т.д.

Напруга, що знімається з базового резистора 9, масштабується блоком 3 узгодження й за допомогою блоку 4 селекторів перетворюється у двійковий код, що надходить реєструючий блок 5, у якому встановлюється відповідність двійкового коду номерам датчиків, що спрацювали, 6.1-6.N і здійснюється зв'язок із блоками обробки інформації.

Нижче приводиться методика розрахунку параметрів такого пристрою.

Якщо опір лінії зв'язку малий в порівнянні з опором кодових резисторів, то розрахунок їхніх номіналів і точності не викликає принципових труднощів [4]. В протилежному випадку задача розрахунку параметрів кодових резисторів не є настільки тривіальною.

Розглянемо розрахунок кодових резисторів описа-

ного пристрою реєстрації сигналів при кінцевій провідності лінії зв'язку.

На рис. 3 представлена схема заміщення частини пристрою реєстрації сигналів, що включає кодові резистори R_0, R_1, \dots, R_N , лінію зв'язку, яка характеризується опором r_0, r_1, \dots, r_N , і ключі двопозиційного виходу датчиків.

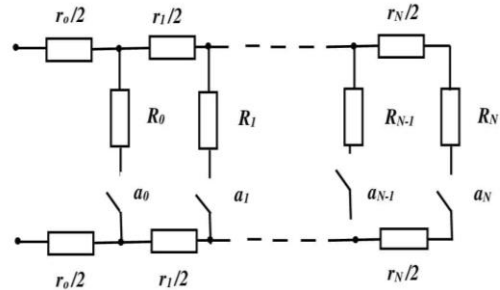


Рис. 3. Схема заміщення пристрою

$$a_n = \begin{cases} n - \text{й ключ замкнений} \\ n - \text{й ключ розімкнений} \end{cases}$$

В [5] показано, що вхідна провідність розглянутої схеми при довільному стані ключів може бути описана кінцевим безперервним дробом, що у компактному записі Роджерса має вигляд

$$Y = \frac{1}{r_0 + \frac{1}{a_0 Y_0 + \frac{1}{r_1 + \frac{1}{a_1 Y_1 + \dots + \frac{1}{r_N + \frac{1}{a_N Y_N}}}}} \quad (1)$$

де $Y_n = 1/R_n$ – провідність n -го кодового резистора ($n = 0, 1, \dots, N$).

Провідність Y можна розглядати як функцію параметрів $r = (r_0, r_1, \dots, r_N)$, $\Delta R = (\Delta R_0, \Delta R_1, \dots, \Delta R_N)$, де ΔR_n – відхилення опору n -го кодового резистора від номіналу ($n = 0, 1, \dots, N$). Розкладаючи Y поблизу точки $r=0, \Delta R=0$, де $0 = (0, 0, \dots, 0)$ – нульовий вектор порядку $(N+1)$, отримаємо

$$Y(r, \Delta R) = Y(0, 0) + \sum_{n=0}^N \left[r_n \frac{\partial}{\partial r_n} Y(0, 0) + \Delta R_n \frac{\partial}{\partial R_n} Y(0, 0) \right] + \dots$$

Звідси виходить, що похибка вхідної провідності $\Delta Y = Y(r, \Delta R) - Y(0, 0)$, обумовлена обмеженою провідністю лінії зв'язку й розкидом опорів кодових резисторів, у першому наближенні дорівнює

$$\Delta Y = \sum_{n=0}^N \left[r_n \frac{\partial}{\partial r_n} Y(0, 0) + \Delta R_n \frac{\partial}{\partial R_n} Y(0, 0) \right] \quad (2)$$

Обчислення похідних, що входять у співвідношення (2), може бути виконане шляхом безпосереднього диференціювання ланцюгового дроби (1). Однак такий підхід пов'язаний з деякими труднощами. Тому поступимо інакше.

Насамперед обчислюються похідні $dY/dr_n, n = 0, 1, \dots, N$, у точці $r = 0, \Delta R = 0$. Для цього введемо в розгляд вектори

$$r_n = (r\delta_n^0, r\delta_n^1, \dots, r\delta_n^N) \quad n = 0, 1, \dots, N,$$

де r – параметр, що має розмірність опору;
 δ_n^m – символ Кронекера;

$$\delta_n^m = \begin{cases} 1, n = m; \\ 0, n \neq m. \end{cases}$$

Далі визначаємо часткову похідну, в відповідності з якою

$$\frac{\partial}{\partial r_n} Y(0,0) = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{Y(r_n, 0) - Y(0,0)}{r}$$

Звертаючи увагу на те, що величина $Y(0, 0)$, яка входить у співвідношення (3), представляє собою провідність паралельного з'єднання провідностей $a_n Y_n$, $n = 0, 1, \dots, N$, запишемо

$$Y(0,0) = \sum_{n=0}^N a_n Y_n \quad (4)$$

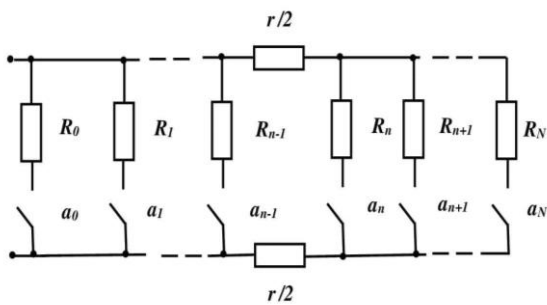


Рис. 4. До визначення провідності пристрою

Обчислимо провідність $Y(r_n, 0)$. Неважко бачити, що $Y(r_n, 0)$ вхідна провідність схеми, зображеної на рис. 4, а, отже,

$$Y(r_n, 0) = \sum_{m=0}^{n-1} a_m Y_m + \frac{1}{r + \frac{1}{\sum_{m=n}^N a_m Y_m}} \quad (5)$$

І, нарешті, підставляючи (4) і (5) в (3), після перетворень отримаємо

$$\frac{\partial}{\partial r_n} Y(0,0) = - \left(\sum_{m=n}^N a_m Y_m \right)^2 \quad (6)$$

Аналогічно знаходимо похідні $\partial Y / \partial R_n$, $n = 0, 1, \dots, N$, у точці $r=0$, $\Delta R=0$

$$\frac{\partial}{\partial R_n} Y(0,0) = - \sum_{n=0}^N a_n Y_n \left(\frac{\Delta R_n}{R_n} \right) \quad (7)$$

З огляду на (6) і (7) в (2), приходимо до наступного подання похибки ΔY :

$$\Delta Y = - \sum_{n=0}^N \left(\sum_{m=n}^N a_m Y_m \right)^2 r_n - \sum_{n=0}^N a_n Y_n \left(\frac{\Delta R_n}{R_n} \right) \quad (8)$$

Як відзначалося, відношення номіналів кодкових резисторів повинно становити ступінь двійки. При цьому, якщо опір лінії зв'язку малий в порівнянні з мінімальним із опорів кодкових резисторів, послідовність їхнього включення не має ніякого значення. Однак,

якщо ця умова не виконується, то, як випливає із співвідношення (8), виникає похибка ΔY , що у свою чергу буде залежати від черговості включення кодкових резисторів у лінію зв'язку.

При довільному стані ключів абсолютна похибка $|\Delta Y|$ буде мінімальною, якщо провідності кодкових резисторів знаходяться таким чином:

$$Y_m = 2^{N-m} Y_N, \quad m = 0, 1, \dots, N-1 \quad (9)$$

де Y_N – провідність резистора молодшого розряду.

Підставляючи (9) в (8), одержимо

$$\Delta Y = -Y_N \sum_{n=0}^N \left[\left(\sum_{m=n}^N 2^{N-m} a_m \right)^2 \frac{r_n}{R_n} + 2^{N-n} a_n \left(\frac{\Delta R_n}{R_n} \right) \right] \quad (10)$$

Як випливає із принципу роботи розглянутого пристрою, розкид струмів у кодкових резисторах не повинен перевищувати струму молодшого розряду, Тому при будь-якому стані ключів повинна виконуватися умова

$$\left| \frac{\Delta Y}{Y_N} \right| < 1 \quad (11)$$

Враховуючи в (11) співвідношення (10), приходимо до обмежень на параметри кодкових резисторів і лінії зв'язку:

$$\delta < 1; \quad (12)$$

$$\delta_n \leq \frac{1-\delta}{2^{N-n+1}}, \quad (13)$$

де $\delta_n = \max \left| \frac{\Delta R_n}{R_n} \right|$ – припустиме відхилення n -го кодвого резистора від номіналу.

$$\delta = \frac{1}{R_N} \sum_{n=0}^N \left(1 - 2^{N-n+1} \right)^2 r_n \quad (14)$$

Приклад. Потрібно розрахувати параметри кодкових резисторів пристрою реєстрації сигналів від датчиків із двопозиційним виходом, якщо відомо, що $N = 4$, $r_0 = r_1 = \dots = r_4 = 20$ Ом.

Задаючись опором резистора молодшого розряду $R_4 = 100$ кОм, за допомогою формули (9) знаходимо номінали інших кодкових резисторів; $R_0 = 6,25$; $R_1 = 12,5$; $R_2 = 25$; $R_3 = 50$ кОм.

Далі, із співвідношення (14) обчислюємо значення параметра δ

$$\delta = \frac{1}{10^3} \sum_{n=0}^4 \left(1 - 2^{5-n} \right)^2 \cdot 20 = 0,249.$$

Так як $0,249 < 1$, то обмеження (12) виконується, а значить параметри лінії зв'язку перебувають у допуску.

Використовуючи співвідношення (13), знаходимо припустимі відхилення кодкових резисторів від номінальних значень:

$$\delta_0 \leq 0,023; \delta_1 \leq 0,046; \delta_2 \leq 0,093; \delta_3 \leq 0,18; \delta_4 \leq 0,37.$$

Запропонований підхід при незначних затратах дозволяє досить ефективно вирішити задачу передачі інформації. Використовуючи параметричний спосіб пе-

редачі інформації, реалізовано багатоканальний пристрій контролю енергоносіїв [6].

Висновок. В роботі розроблено параметричний пристрій передачі інформації від двопозиційних датчиків, призначений для контролю витрат енергоносіїв. Запропоновано методику розрахунку параметрів такого пристрою і приведено приклад розрахунку параметрів такого пристрою.

Список літератури

- 1 Праховник А.В., Калінчик В.П., Тимошенко Ю.В. та інші. Концепція побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку. Інформаційний бюлетень НКРЕ. 2002. № 11. С. 230–261.
- 2 Калінчик В.П., Петров А.А., Праховник А.К. Организация информационных связей тракта измерений и учета электроэнергии. НТУУ «КПИ», Н.-и. ин-т автоматики и энергетики «Энергия». Киев, 2011. 10 с.
- 3 Амеличкин Н.П., Кравченко И.Я., Лехмус Г.В. и др. А.с. 723366 СССР. Устройство для регистрации сигналов датчиков. Оpubl. в Б.И., 1980, № 11.
- 4 Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. 12 е изд. Том I: Пер. с нем. М.: ДМК. Пресс, 2008. 832 с.
- 5 Гиллемин Е.А. Синтез пассивных цепей. М.: Связь, 1970. 720 с.
- 6 Калінчик В.П., Калінчик В.В. Организация информационных зв'язків тракту вимірювання й обліку енергоресурсів. Вчені записки

Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. 2020. Том 31 (70) № 3, Частина 1. С.138-143

References (transliterated)

- 1 Prakhovnyk A.V., Kalinchyk V.P., Tymoshenko Yu.V. ta inshi. Kontseptsiiia pobudovy avtomatyzovanykh system obliku elektroenerhii v umovakh enerhorynku. Informatsiinyi buleten NKRE. 2002. no. 11. pp. 230–261.
- 2 Kalynchik V.P., Petrov A.A., Prakhovnyk A.K. Orhanyzatsiia ynformatsyonnykh sviazei trakta yzmerenyi y ucheta elektroenerhyi. NTUU «KPY», N.-y. yn-t avtomatyky y enerhetyky «Enerhyia». Kyev, 2011. 10 p.
- 3 Amelychkin N.P., Kravchenko Y.Ya., Lekhmus H.V. y dr. A.s. 723366 SSSR. Ustroistvo dlia rehystratsyy syhnalov datchykov. Opubl. v B.Y., 1980, no 11.
- 4 Tytse U., Shenk K. Poluprovodnykovaia skhemotekhnika. 12 e yzd. Tom I: Per. s nem. M.: DMK. Press, 2008. 832 p.
- 5 Hyllemyn E.A. Syntez passyvnykh tsepei. M.: Sviaz, 1970. 720 p.
- 6 Kalinchyk V.P., Kalinchyk V.V. Orhanizatsiia informatsiinykh zviazkiv traktu vymiriuvannia y obliku enerhoresursiv. Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu imeni V.I. Vernadskoho. Serii: tekhnichni nauky. 2020. Tom 31 (70) no 3, Chastyna 1. S.138-143.

Надійшла (received) 27.02.2024

Відомості про авторів / About the authors

Калінчик Василь Прокопович (Kalinchyk Vasyl Prokopovich) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України КПІ ім. Ігоря Сікорського, доцент кафедри електропостачання; м. Київ, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4028-0185>.

Побігайло Віталій Анатолійович (Pobigaylo Vitalii Anatolievich) – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України КПІ ім. Ігоря Сікорського, доцент кафедри електропостачання; м. Київ; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2673-7329>.

Калінчик Віталій Васильович (Kalinchyk Vitalii Vasylovych) – кандидат технічних наук, Національний технічний університет України КПІ ім. Ігоря Сікорського, старший викладач кафедри охорони праці та промислової та цивільно безпеки; м. Київ; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3931-646X>.

Бориченко Олена Володимирівна (Borychenko Olena Volodymyrivna) кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України КПІ ім. Ігоря Сікорського, доцент кафедри електропостачання; м. Київ; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6127-2945>.

Мейта Олександр Вячеславович (Meita Aleksandr Vyacheslavovich) – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації електромеханічних та мехатронних комплексів, Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» м. Київ; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4132-5202>