

ЕНЕРГЕТИКА

УДК 621.31

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-1/23>

Калінчик В.П.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Калінчик В.В.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ОРГАНІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ЗВ'ЯЗКІВ ТРАКТУ ВИМІРЮВАННЯ Й ОБЛІКУ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

У статті розглядаються особливості побудови автоматизованих систем обліку та контролю енергоресурсів. Показано, що для значної кількості об'єктів є характерною велика розосередженість точок обліку й обсягів контролю. При цьому спостерігається тенденція концентрації датчиків і виконавчих механізмів в окремих вузлах контролю. Показано, що в умовах промислових об'єктів є значний дефіцит ліній зв'язку для організації збирання та передачі інформації, що змушує підвищувати ефективність використання наявних дротових каналів зв'язку, зменшувати надлишковість інформації, що передається, і також використовувати наявні мережі для організації зв'язку. Показано, що для організації інформаційного зв'язку для контролю енергоресурсів найчастіше застосовуються: дротові виділені лінії; силова мережа й бездротові радіосистеми. З'ясовано, що ряд датчиків контролю енергоносіїв для зчитування інформації мають лише числоімпульсний вихід і для них застосовуються дротові лінії зв'язку. Показано, що в дротових лініях зв'язку найбільшого поширення набули енергетичний спосіб уведення сигналів у лінію зв'язку й параметричний спосіб уведення сигналів у лінію зв'язку. Причому параметричний спосіб передачі даних набув найбільшого поширення під час передачі інформації від датчиків до вузлів збирання даних у системах контролю енергоресурсів. Проведено аналіз і дослідження параметричного способу для передачі інформації від двоохпозиційних датчиків витрат енергоносіїв. Використовуючи параметричний спосіб уведення інформації, розроблено багатоканальний пристрій передачі даних від двоохпозиційних датчиків вимірювання енергоносіїв в автоматизовану систему їх контролю, у якому підвищена точність ресстрації, збільшена довжина двоохдротової лінії.

Ключові слова: енергоресурси, енергоносії, облік, контроль, канали зв'язку, параметричний спосіб, передача даних.

Постановка проблеми. Особливістю інформаційних мереж обліку й контролю енергоресурсів є велика розосередженість точок обліку й обсягів контролю. При цьому спостерігається тенденція концентрації датчиків і виконавчих механізмів в окремих вузлах контролю.

В умовах промислових об'єктів є значний дефіцит ліній зв'язку (далі – ЛЗ) для організації збирання та передачі інформації, що змушує підвищувати ефективність використання наявних дротових каналів зв'язку, зменшувати надлишковість інформації, що передається, і також використовувати наявні мережі (наприклад, силові розподільні, комутаційні тощо) для організації зв'язку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Натепер системи обліку енергоресурсів є тим необхідним механізмом, без якого неможливо оперативно контролювати й аналізувати режим споживання енергоресурсів основними споживачами, вирішувати проблеми економії енергоносіїв, здійснювати необхідні заходи з управління енергоспоживанням.

Структура системи обліку та контролю енергоресурсів значною мірою залежить від топології об'єкта, на якому встановлюється система, відстані від датчиків до диспетчерського пункту, а також від наявності каналів зв'язку для організації передачі даних. 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. Як правило, системи обліку й контролю енергоресурсів три рівневі, включають рівень об'єкта обліку – нижній (генеруючі компанії, промислові підприємства, комунально-побутовий сектор), регіональний рівень і центральний рівень – верхні рівні.

Причому для організації збирання й обробки інформації Концепція [1] рекомендує застосування глобальної мережі передачі даних, що забезпечує зв'язок між обробкою даних на верхніх рівнях (регіональному й центральному). Мережа повинна бути багатофункціональною (тобто бути основою для системи обліку, системи планування й диспетчерської системи).

Рівень об'єкта обліку повинен включати первинні вимірювачі енергоресурсів і прилади обліку – вимірювальний компонент регіонального рівня. Для забезпечення можливості автоматизованого збирання інформації вимірювачі енергоресурсів повинні мати імпульсний вихід типу «сухий контакт» і/або послідовний інтерфейсний вихід. Залежно від типу телеметричного виходу (імпульсного або інтерфейсного) для організації інформаційного зв'язку для контролю енергоресурсів застосовуються. Згідно з класифікацією [2–4], такі канали зв'язку:

– *дротові виділені лінії*. Цей канал зв'язку застосовується під час побудови систем обліку й контролю енергоресурсів нижнього рівня, укомплектованих вимірювачами, що мають інтерфейсний або імпульсний вихід. Причому як інтерфейсний вихід найчастіше використовуються послідовні інтерфейси RS 485 або «струмова петля» CL. Застосування таких інтерфейсів дає змогу по одній парі передавати інформацію від групи вимірювачів енергоресурсів. До цього класу належать системи, розглянуті в роботах [5–10]. Для обліку енергоресурсів широко використовуються також телеметричні датчики з імпульсним виходом [11–14]. Із використанням таких датчиків побудовано цілий ряд систем, які розглянуті в роботах [14–20]. Особливістю таких систем є те, що для кожного вимірювача енергоресурсів необхідно мати індивідуальний канал зв'язку, що умовах дефіциту вільних ліній зв'язку обмежує їх застосування. Виняток становлять системи [15–17], у яких використано матричний принцип включення датчиків, що дає змогу зменшити кількість ліній зв'язку й підвищити завадостійкість систем;

– *силова мережа*. Системи з використанням силових мереж як каналів зв'язку розглянуті в роботах [21–23]. Такі системи характеризуються низькою швидкістю передачі даних і низькою завадостійкістю й мають обмежену сферу застосування;

– *бездротові радіосистеми*. Для обміну інформації такі системи застосовують бездротові GSM, GPRS, CDMA радіо системи й набули широкого застосування. Приклади реалізації бездротових радіосистем розглянуто в роботах [24–26];

– *комбіновані структури*. Такі структури використовують і дротові, і бездротові лінії зв'язку, мають широке застосування. Приклади реалізації таких систем наведено в працях [5–9; 25; 26].

Ураховуючи, що дротові канали зв'язку мають широке використання під час побудови систем обліку енергоресурсів нижнього рівня, проведемо їх аналіз, зокрема, у системах із первинними вимірювачами з імпульсним виходом. У дротових лініях зв'язку найбільшого поширення набули енергетичний і параметричний способи передачі інформації [27], а в системах обліку та контролю енергоресурсів для передачі даних від датчиків до вузлів збирання даних широкого розповсюдження набув параметричний спосіб уведення сигналів у лінію зв'язку.

Постановка завдання. Метою роботи є оцінювання параметричного способу передачі інформації для побудови автоматизованих систем обліку та контролю енергоносіїв.

Виклад основного матеріалу дослідження. Проведемо аналіз параметричного способу передачі інформації від двохпозиційних датчиків витрат енергоносіїв. На рисунку 1 представлена схема пристрою параметричного введення сигналів у ЛЗ. Для усунення відображень від кінців ЛЗ вони навантажені на хвильові опори Z_x .

Передавальна функція ЛЗ при вхідній дії типу зміна параметра лінії (скачок опору навантаження R_n) є нелінійною функцією, так як і передавальна функція лінії, і характеристики поширення в ній сигналів залежать від цього ж параметра, який є вхідним впливом (рисунком 2).

Представимо еквівалентну схему дводротової лінії у вигляді ланцюгової схеми [28–30], що складається з n однакових осередків у вигляді T -образних чотириполосників (рисунком 3), у яких опір становить не погонний опір та індуктивність лінії, а погонну ємність і провідність.

Таку кільцеву схему описує система різнице-вих операторних рівнянь:

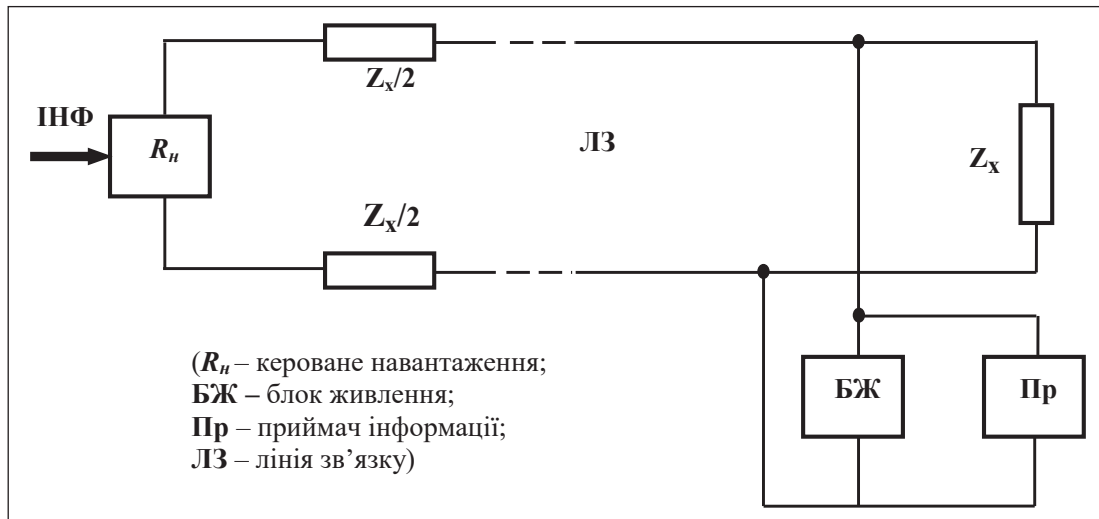


Рис. 1. Пристрій параметричного введення інформації в лінію зв'язку

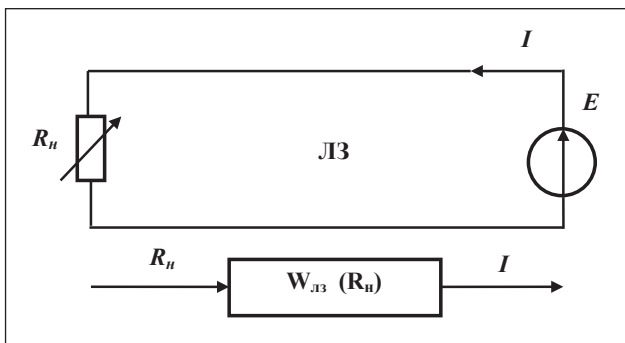


Рис. 2. Передавальна функція лінії зв'язку

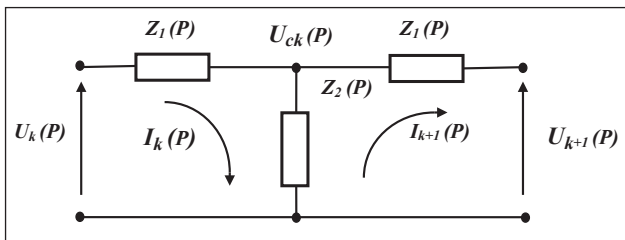


Рис. 3. Еквівалентна схема двохдротової лінії зв'язку

$$\begin{cases} (Z_1 + Z_2)I_k(p) - Z_2 I_{k+1}(p) = U_k(p) - U_{ck}^0 \\ Z_2 I_k(p) - (Z_1 + Z_2)I_{k+1}(p) = U_{k+1}(p) - U_{ck}^0 \end{cases} \quad (1)$$

Піддаючи рівняння (1) дискретному перетворенню Лапласа, отримаємо рівняння щодо зображень $I^*(p, q)$ і $U^*(p, q)$:

$$[Z_1 + Z_2 - Z_1 e^q] I^*(p, q) - U^*(p, q) = -Z_2 e^q I^0(p) - U_c^0(p),$$

$$[Z_1 - (Z_1 + Z_2) e^q] I^*(p, q) - e^q U^*(p, q) = (Z_1 + Z_2) e^q I^0(p) - U_c^0(p), \quad (2)$$

де величинами з індексом $(^0)$ позначені граничні або початкові умови.

Визначимо початкові напруги на ємності Z_2 в довільному k -му чотириполоснику ланцюгової схеми:

$$U_{ck}^0 = (I_k^0 - I_{k+1}^0) Z_2. \quad (3)$$

Для початкового моменту часу відомий [28] вираз для дискретного Лапласового зображення струму в довільному чотириполоснику:

$$I(q) = \frac{e^q (e^q - 1 - Z_1 / Z_2) I^{00} - e^q U^{00} / Z_2}{e^{2q} - 2e^q (1 + Z_1 / Z_2) + 1}. \quad (4)$$

Тоді, піддаючи (3) дискретному перетворенню Лапласа з урахуванням (4), маємо:

$$U_c^0(q) = e^q Z_2 I^{00} + (1 - e^q) Z_2 I^0(q). \quad (5)$$

Вираз (5) визначається початковими й граничними умовами I^{00} і U^{00} .

Рішення (1) з урахуванням (5) для дротової лінії, у якій можна знехтувати погонною індуктивністю й провідністю, може бути представлено у вигляді таких ітеративних виразів, що визначають струм і напругу в лінії зв'язку на k -ій її ділянці в момент часу θ :

$$U(k, \theta) = \frac{U(k-1, \theta-1) R(k+1, \theta)}{R_1 + R(k+1, \theta)} (1 - e^{t/\tau(k, \theta)}) + U(k, \theta-1) e^{t/\tau(k, \theta)},$$

$$i(k, \theta) = \frac{U(k-1, \theta-1)}{R_1 + R(k+1, \theta)} \left(1 + \frac{R(k+1, \theta)}{R_1} e^{t/\tau(k, \theta)} \right) - \frac{U(k, \theta-1)}{R_1} e^{t/\tau(k, \theta)},$$

$$R(k, \theta) = \frac{U(k-1, \theta-1)}{i(k, \theta)}, \quad (6)$$

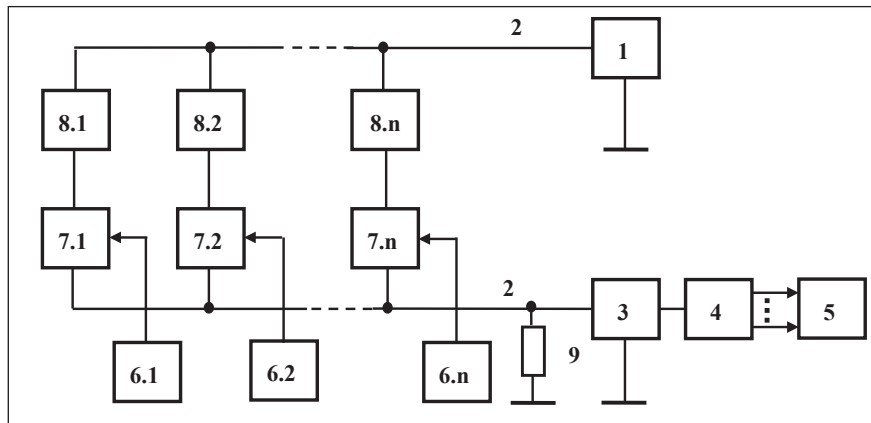


Рис. 4. Багатоканальний пристрій передачі даних

$$\tau(k, \theta) = \frac{cR_1 R(k+1, \theta)}{R_1 + R(k+1, \theta)},$$

де c – погонна ємність лінії, R_1 – погонний опір.

Використовуючи параметричний спосіб уведення інформації, запропоновано багатоканальний пристрій передачі даних, представлений на рисунку 4. Пристрій містить блок 1 живлення, дводротову лінію 2 зв'язку, блок 3 узгодження, блок 4 селекторів, який являє собою аналого-цифровий перетворювач, що реєструє блок 5, що становить комбіновану схему й призначений для перетворення двійкового коду в номери датчиків, датчики 6.1–6.N, ключі 7.1–7.N, стабілізатори 8.1–8.N струму й базовий резистор 9, призначений для виділення напруги, пропорційної струму в дводротовій лінії 2 зв'язку.

Пристрій працює так. Вихідна напруга блоку 1 живлення через базовий резистор 9 подається в дводротову лінію 2 зв'язку. При спрацюванні будь-якого з датчиків 6.1–6.N замикається відповідний йому ключ 7.1–7.N і в дводротовій лінії 2 зв'язку тече струм, що задається відповідним стабілізатором 8.1–8.N. Завдяки тому що струми стабілізаторів 8.1–8.N постійні в великому діапазоні напруг, що підводиться до них, струм у дводротовій лінії 2 зв'язку однозначно задається стабілізаторами 8.1–8.N і не залежить від опору проводів дводротової лінії 2 зв'язку.

При протіканні струму через базовий резистор 9 на ньому виділяється напруга, пропорційна струму й пов'язана з номерами датчиків 6.1–6.N, що спрацювали, так як струми стабілізаторів 8.1–8.N обрані відповідним чином, наприклад, пропорційно розрядним коефіцієнтам у двійковій системі числення: 2, 4, 8 тощо.

Тобто напруга рівняється:

$$U_{\sigma} = I_{\sigma} R_{\sigma} (x_1 2^0 + x_2 2^1 + \dots + x_N 2^N), \quad (6)$$

де I_{σ} – базовий струм (струм стабілізаторів 8.1, ..., 8.n), R_{σ} – опір базового резистора 9, $X \{x_1, \dots, x_N \cdot 2^N\}$ – цифровий код стану ключів 6.1–6.N (x_i приймає значення (0V1)).

Напруга, що знімається з базового резистора 9, масштабується блоком 3 узгодження й за допомогою блоку 4 селекторів перетворюється у двійковий код, що надходить у реєструючий блок 5, у якому встановлюється відповідність двійкового коду номерам датчиків 6.1–6.N, що спрацювали, і здійснюється індикація їх стану або виконується перетворення сигналів для введення в ЕОМ.

Отже, застосування стабілізаторів 8.1–8.N струму дає змогу усунути вплив електричного опору дводротової лінії 2 зв'язку на результати вимірювання, завдяки чому підвищена точність реєстрації, збільшена довжина дводротової лінії 2 зв'язку й кількість обслуговуваних датчиків 6.1–6.N.

Висновки. Системи обліку енергоресурсів є механізмом для вирішування проблем економії енергоносіїв, здійснення необхідних заходів з управління енергоспоживанням. Структури систем обліку та контролю енергоресурсів залежать від топології об'єкта, відстані від датчиків до диспетчерського пункту й від наявності каналів зв'язку для організації передачі даних. Вибір типу каналу зв'язку залежить від типів телеметричних виходів вимірювачів енергоресурсів (імпульсного або інтерфейсного). Для вимірювачів з імпульсним виходом застосовуються виключно дротові канали зв'язку, у яких для вводу інформації в основному розповсюджений параметричний спосіб. Отримано аналітичні залежності параметрів дротової лінії зв'язку. Використовуючи параметричний спосіб уведення інформації, запропоновано багатоканальний пристрій передачі даних.

Список літератури:

1. Концепція побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку / А.В. Праховник, В.П. Калінчик, Ю.В. Тимошенко та інші. *Інформаційний бюлетень НКРЕ*. 2002. № 11. С. 230–261.
2. Саїф К. Мухамед. Моделі і технологія вибору структури технічних засобів інформаційних систем : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.06. Харків, 2013. 20 с.
3. Саїф К. Мухамед. Особенности построения информационных систем. *Системы обработки информации*. 2011. Выпуск 7 (97). С. 30–33.
4. Аналіз вимірювальних каналів систем обліку електроенергії / В.П. Калінчик, П.В. Кульбачний, В.В. Прокопенко, Л.І. Несен / *Приладобудування: стан і перспективи* : матеріали XIV Міжнародної науково-технічної конференції. Київ, 2015. С. 224–225.
5. Калінчик В.П., Несен Л.І., Суменко К.Ю. Типові структури автоматизованих систем обліку електроенергії / НТУУ «КПІ» Н.-д. ін-т автоматики та енергетики «Енергія». Київ, 2013. 8 с.: іл.
6. Тубинис В.В. Управление электропотреблением за рубежом. *Энергонадзор и энергобезопасность*. 2006. № 3. С. 31–44.
7. Коробко І.В., Кузьменко П.К. Моніторинг розвитку систем диспетчеризації та контролю обліку теплової енергії в Україні. *Вісник ЖДТУ*. 2005 № 4 (35). С. 90–93.
8. Автоматизована система комерційного обліку електроенергії ВАТ ЕК «Хмельницькобленерго» / О.Л. Шпак, П.Д. Луців, А.В. Праховник, В.П. Калінчик, О.О. Шиянов. *Электрические сети и системы*. 2010. Спецвыпуск. С. 22–31.
9. Автоматична система контролю і обліку енергоносіїв. Київ, 2019. URL: https://novator-tm.com/index_uk.php?id=meters-askoe.
10. Рожков П.П., Рожкова С.Е. Контроль та облік електричної енергії: конспект лекцій. Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2018. 107 с.
11. Калінчик В.П. Датчики технологического учета расхода электроэнергии. *Проблемы та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії* : матеріали XXXVIII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. Переяслав-Хмельницький, 2017. С. 212–214.
12. Поповкин Ю.М., Тупиков А.Н. Импульсный преобразователь к счетчику расхода электроэнергии. *Промышленная энергетика*. 1983. № 5. С. 14–15.
13. Нестерчук Д.М. Електромагнітний витратомір-лічильник для системи обліку теплової енергії. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2017. Вип. 7. Т. 1. С. 175–186.
14. Паракуда В., Орлов В. Коновалов В. Автоматизована система обліку енергоресурсів споживачами. *Вимірювальна техніка та метрологія*. 2008. № 68. С. 66–69.
15. Комплекс технических средств информационно-измерительной и управляющей системы ЦТ 5000 / А.В. Праховник, В.П. Калінчик, С.В. Колесников, Н.В. Сандрацкий. *Применение микропроцессоров и ЭВМ для экономии энергоресурсов в промышленности и быту*. Ленинград : Знание, 1988. С. 21–26.
16. Калінчик В.П., Разумовский О.В. ІТЕК – учет и контроль энергоресурсов. *Управління енерговикористанням* : праці 2-ї Міжнародної конференції. Львів : Тасіс, 1997 С. 27–28.
17. Variety of System of Energy composition metering and control ІТЕК / А. Prakhovnik, V. Kalinchik, O. Razumovsky. *Energy Efficiency and Ecology*. 1997. № 4. Р. 6–8.
18. Черемисин Н.М., Зубко В.М. Автоматизация учета и управления электропотреблением / МОН України. Киев, 2004. 177 с.
19. Автоматизована система комерційного обліку електроенергії. Київ, 2009. URL: <https://www.bestreferat.ru/referat-104931.html>.
20. Донцов І.Д. Автоматизована система обліку та контролю енергоресурсів. Київ, 2018. 90 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/23364>.
21. А.С. 1206885. Устройство для автоматического управления электрической нагрузкой предприятия / В.А. Абрамов, В.П. Калінчик, А.В. Праховник и др. Опубл. 23.01.86; Бюл. № 3. 4 с.
22. Тубинис В.В. Новые автоматизированные системы учета электроэнергии для бытовых потребителей со сбором информации от электросчетчиков по силовой сети. *Вестник Главгосэнергонадзора России*. 1998. № 1. С. 22–29.
23. Розробка автоматизованої системи контролю енергоспоживання промислового виробництва. Тернопіль, 2019. URL: http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/29561/2/dyplom_Baran.pdf.
24. Святний В.А., Мірошкін О.М., Гриша В.В. Реалізація зв'язку з системою АСКОЕ через GSM мережу. *Вісник НТУ «ХПІ»*. 2017. № 19 (1241). С. 64–71.
25. Системы учета электроэнергии в условиях функционирования Smart Grid технологий / А.В. Праховник, В.П. Калінчик, А.В. Волошко, О.В. Коцарь. *Енергетика та електрифікація*. 2012. № 1. С. 51–58.
26. Калінчик В.П., Саблін О.Л. Основні положення щодо побудови систем обліку електроенергії в умовах енергоринку. *Проблемы та перспективи розвитку сучасної науки в країнах Європи та Азії* : матеріали X Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. Переяслав-Хмельницький, 2018. С. 182–183.

27. Расчет параметров устройства регистрации сигналов от датчиков с двухпозиционным выходом/А.А.Петров,В.П.Калинчик,В.А.Карунный,В.А.Нестеренко. *Изв. вузов СССР «Энергетика»*. 1989. № 12. С. 41–44.
28. Цыпкин Я.З. Теория линейных импульсных систем. Москва : Гос. изд. физ.-мат. лит., 1963. 968 с.
29. А.С. 1580168. Устройство для регистрации сигналов датчиков / В.А. Абрамов, С.П. Бацукин, В.П. Калинчик и др. Опубл. 23.07.1990. Бюл. № 27. 3 с.
30. Калинчик 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.: ил.

Kalinchyk V.P., Kalinchyk V.V. ORGANIZATION OF INFORMATION LINKS OF ENERGY MEASUREMENT AND ACCOUNTING TRACT

The article considers the peculiarities of building automated systems of accounting and control of energy resources. It is shown that a large number of objects are characterized by a large dispersion of metering points and amount of control. At the same time the tendency of concentration of sensors and actuators in separate control units is observed. It is shown that in the conditions of industrial facilities – there is a significant shortage of communication lines for the organization of collection and transmission of information, which forces to increase the efficiency of existing wired communication channels, reduce redundancy of transmitted information and use existing networks for communications organization. It is shown that for the organization of information communication for control of energy resources are most often used: wired dedicated lines, power network and wireless radio systems. It has been established that some energy control sensors have only a pulse output for reading information and use wired communication lines. It has been shown that the power method of inputting signals to the communication line and the parametric method of inputting signals to the communication line have become the most widespread in wired communication lines. Moreover, the parametric method of data transmission has become the most common in the transmission of information from sensors to data collection nodes in energy control systems. The analysis and researches of a parametric way for information transfer from two-position sensors of energy carriers expenses are carried out. Using a parametric method of information input, a multi-channel data transmission device from two-position energy measurement sensors to an automated system for their control has been developed, in which registration accuracy is increased and the length of a two-wire line is increased.

Key words: energy resources, energy carriers, accounting, control, communication channels, parametric method, data transmission.