



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **100912** (13) **C2**  
(51) МПК  
**G01R 19/25** (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

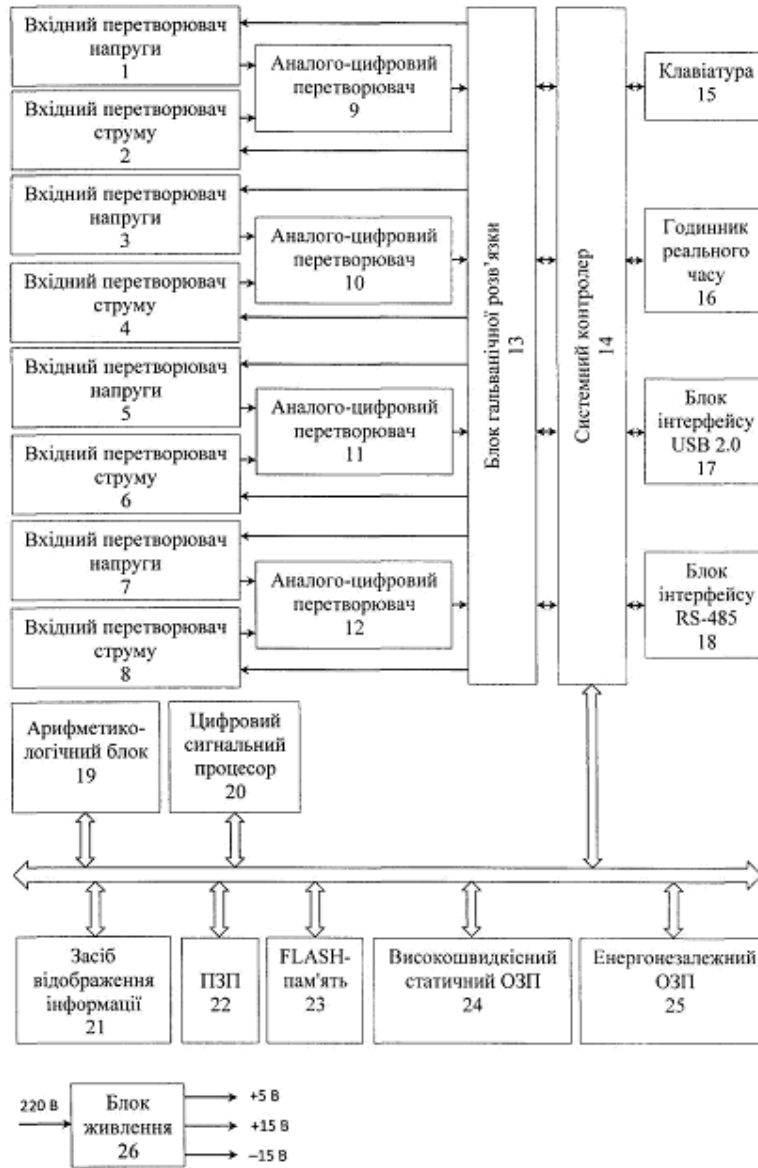
(21) Номер заявки: <b>а 2011 03306</b>	(72) Винахідник(и): <b>Мірошник Олександр Олександрович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>21.03.2011</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>11.02.2013</b>	(73) Власник(и): <b>Мірошник Олександр Олександрович, вул. Революції, 74, м. Мерефа-1, Харківська обл., 62473 (UA)</b>
(41) Публікація відомостей про заявку: <b>26.09.2011, Бюл.№ 18</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>11.02.2013, Бюл.№ 3</b>	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: RU 97122208 A; 20.11.1999; UA 1440 U; 15.10.2002; UA 6957 U; 16.05.2005; RU 65655 U1; 10.08.2007; SU 1688173 A1; 30.10.1991; US 6198403 B1; 06.03.2001; US 2006/0212238 A1; 21.09.2006; US 2008/0208489 A1; 28.08.2008; WO 2007/140732 A1; 13.12.2007; ГОСТ 13109-97 Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения, Стандартиформ. - М., 2006. - 32 с.

## (54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТА КОЕФІЦІЄНТА ЗБІЛЬШЕННЯ ВТРАТ ПОТУЖНОСТІ В НЕРІВНОМІРНО НАВАНТАЖЕНИХ ПРОВОДАХ

### (57) Реферат:

Винахід належить до цифрової вимірювальної техніки та може бути використаний в енергетиці для моніторингу показників якості електроенергії. Пристрій моніторингу параметрів якості електроенергії та коефіцієнта збільшення втрат потужності в нерівномірно навантажених проводах містить три вхідні перетворювачі напруги, три аналого-цифрові перетворювачі, гальванічну розв'язку, системний контролер, клавіатуру, годинник реального часу, блок інтерфейсу RS-485, цифровий сигнальний процесор, засіб відображення інформації, постійно запам'ятовуючий пристрій (ПЗП), FLASH-пам'ять, високошвидкісний ОЗП та енергонезалежний ОЗП. Також до пристрою введено чотири вхідних перетворювачі струму, вхідний перетворювач напруги, аналого-цифровий перетворювач, арифметико-логічний блок, блок інтерфейсу USB 2.0. Технічним результатом винаходу є розширення функціональних можливостей пристрою і більш точне визначення напруги та струму нульової послідовності.

UA 100912 C2



Винахід належить до цифрової вимірювальної техніки та може бути використаний в енергетиці для моніторингу показників якості електроенергії та визначення допустимого навантаження електродвигунів в електричних мережах систем електропостачання загального призначення змінного трифазного та однофазного струму, наприклад, на промислових підприємствах, в організаціях та установах.

Відомий (аналог) пристрій контролю показників якості електроенергії (див. патент RU 97122208 А, кл G01R23/00, G01R25/00, 1999), що містить аналого-цифровий перетворювач, сигнальний процесор (цифровий сигнальний процесор) та цифровий процесор (системний контролер), на виході останнього підключено паралельний порт (блок інтерфейсу RS-485), дисплей (засіб відображення інформації), клавіатура, таймер (годинник реального часу), елемент пам'яті.

Недолік аналога - низькі функціональні можливості пристрою, а саме: неможливість вимірювання параметрів якості електроенергії в реальному часі одночасно у всіх фазах через наявність вхідного комутатора, що призводить до появи похибки під час розрахунку показників якості, відсутня можливість визначення коефіцієнта збільшення втрат потужності в нерівномірно навантажених проводах, а також неточність визначення напруги та струму нульової послідовності.

Найбільш близьким за технічною суттю (прототип) є пристрій контролю параметрів якості електроенергії (див. Патент України № 1440 G01R19/25, Бюл. № 10, 15.10.2002 р.), що містить три вхідні перетворювачі напруги, три аналого-цифрові перетворювачі, системний контролер, клавіатуру, годинник реального часу, а також з'єднані через системну магістраль цифровий сигнальний процесор, засіб відображення інформації, постійно запам'ятовуючий пристрій (ПЗП), причому три однакових вхідних перетворювачі, на інформаційні входи яких подаються контрольовані сигнали напруг відповідних фаз, управляючі входи вхідних перетворювачів через блок гальванічної розв'язки з'єднано з масштабуючими виходами системного контролера, інформаційні входи та сигнали керування якого підключено через блок гальванічної розв'язки до управляючих кіл та виходів аналого-цифрових перетворювачів, на входи яких подаються сигнали з відповідних виходів вхідних перетворювачів, блок інтерфейсу RS-485, підключений до системного контролера, FLASH-пам'ять, високошвидкісний ОЗП та енергонезалежний ОЗП, які з'єднані з системною магістраллю.

Недолік прототипу - низькі функціональні можливості пристрою, а саме: відсутня можливість визначення коефіцієнта збільшення втрат потужності в нерівномірно навантажених проводах, а також неточність визначення напруги та струму нульової послідовності.

Задача винаходу - розширення функціональних можливостей пристрою контролю параметрів якості електроенергії та коефіцієнта збільшення втрат потужності в нерівномірно навантажених проводах за рахунок додаткового визначення коефіцієнта втрат потужності та енергії в нерівномірно навантажених проводах чотирипровідної мережі, а також більш точного визначення напруги та струму нульової послідовності.

Якість електроенергії в електричних мережах систем електропостачання загального призначення характеризується сукупністю показників якості електроенергії, установлених ГОСТ 13109-97 [3]: відхилення напруги, коливання напруги, доза флікера, коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги, коефіцієнт n-ої гармонічної складової напруги, коефіцієнт несиметрії напруг за зворотною послідовністю, коефіцієнт несиметрії напруг за нульовою послідовністю, відхилення частоти, тривалість провалу напруги, імпульсна напруга, коефіцієнт тимчасової перенапруги.

Сучасні вимоги, які ставляться до якості електроенергії, привели до необхідності створення цифрових вимірювальних пристроїв, що дозволяють контролювати всю вищезазвану сукупність параметрів якості електроенергії в режимі реального часу та зберігати інформацію про параметри якості протягом тривалого часу.

Поставлена задача вирішується тим, що у пристрій, що містить три вхідні перетворювачі напруги, три аналого-цифрові перетворювачі, гальванічну розв'язку, системний контролер, клавіатуру, годинник реального часу, блок інтерфейсу RS-485, цифровий сигнальний процесор, засіб відображення інформації, постійно запам'ятовуючий пристрій (ПЗП), FLASH-пам'ять, високошвидкісний ОЗП та енергонезалежний ОЗП, причому інформаційні входи вхідних перетворювачів напруги приєднані до відповідних фаз мережі, перший, другий та третій вхідні перетворювачі напруги відповідно приєднані до першого, другого та третього аналого-цифрових перетворювачів, управляючі входи вхідних перетворювачів напруги через блок гальванічної розв'язки з'єднано з масштабуючими виходами системного контролера, інформаційні входи якого підключено через блок гальванічної розв'язки до управляючих кіл та виходів першого, другого та третього аналого-цифрових перетворювачів, крім того клавіатуру, годинник

реального часу та блок інтерфейсу RS-485 підключено до системного контролера, цифровий сигнальний процесор, засіб відображення інформації, ПЗП, FLASH-пам'ять, високошвидкісний статичний ОЗП та енергонезалежний ОЗП, які з'єднані з системою магістраллю, підключено до системного контролера, додатково введено чотири вхідних перетворювачі струму, вхідний перетворювач напруги, аналого-цифровий перетворювач, арифметико-логічний блок, блок інтерфейсу USB 2.0, причому інформаційні входи вхідних перетворювачів струму та вхідного перетворювача напруги приєднані до відповідних фаз та нульового проводу мережі, виходи першого, другого, третього та четвертого перетворювачів струму та четвертого вхідного перетворювача напруги відповідно з'єднані з входами першого, другого, третього та четвертого аналого-цифрових перетворювачів, управляючі входи вхідних перетворювачів струму та вхідного перетворювача напруги з'єднані з блоком гальванічної розв'язки, вихід четвертого аналого-цифрового перетворювача з'єднані з блоком гальванічної розв'язки, арифметико-логічний блок приєднано до цифрового сигнального процесора через системну магістраль, блок інтерфейсу USB 2.0 приєднано до системного контролера.

Введення вказаних ознак дозволяє розширити функціональні можливості пристрою за рахунок визначення коефіцієнта збільшення втрат потужності в нерівномірно навантажених проводах, а також більш точного визначення напруги та струму нульової послідовності.

Суть винаходу є розширення функціональних можливостей пристрою. Це досягається за рахунок можливості визначення коефіцієнта збільшення втрат потужності в нерівномірно навантажених проводах, а також більш точного визначення напруги та струму нульової послідовності.

На кресл. представлена структурна схема запропонованого пристрою для моніторингу параметрів якості електроенергії та коефіцієнта збільшення втрат потужності в нерівномірно навантажених проводах, де 1 - перший вхідний перетворювач напруги, 2 - перший вхідний перетворювач струму, 3 - другий вхідний перетворювач напруги, 4 - другий вхідний перетворювач струму, 5 - третій вхідний перетворювач напруги, 6 - третій вхідний перетворювач струму, 7 - четвертий вхідний перетворювач напруги, 8 - четвертий вхідний перетворювач струму, 9 - перший аналого-цифровий перетворювач (АЦП), 10 - другий АЦП, 11 - третій АЦП, 12 - четвертий АЦП, 13 - блок гальванічної розв'язки, 14 - системний контролер, 15 - клавіатура, 16 - годинник реального часу, 17 - блок інтерфейсу USB 2.0, 18 - блок інтерфейсу RS-485, 19 - арифметико-логічний блок, 20 - цифровий сигнальний процесор, 21 - засіб відображення інформації, 22 - ПЗП, 23 - FLASH-пам'ять, 24 - високошвидкісний статичний ОЗП, 25 - енергонезалежний ОЗП, 26 - блок живлення.

Інформаційні входи вхідних перетворювачів напруги 1, 3, 5 приєднані до відповідних фаз мережі, перший 1, другий 3 та третій 5 вхідні перетворювачі напруги відповідно приєднані до першого 9, другого 10 та третього 11 аналого-цифрових перетворювачів, управляючі входи вхідних перетворювачів напруги 1, 3, 5 через блок гальванічної розв'язки 13 з'єднані з масштабованими виходами системного контролера 14, інформаційні входи та сигнали керування якого підключено через блок гальванічної розв'язки 13 до управляючих кіл та виходів першого 9, другого 10 та третього 11 аналого-цифрових перетворювачів, крім того клавіатуру 15, годинник реального часу 16 та блок інтерфейсу RS-485 18 підключено до системного контролера 14, цифровий сигнальний процесор 20, засіб відображення інформації 21, ПЗП 22, FLASH-пам'ять 23, високошвидкісний статичний ОЗП 24 та енергонезалежний ОЗП 25, які з'єднані з системою магістраллю підключено до системного контролера 14, інформаційні входи вхідних перетворювачів струму 2, 4, 6, 8 та вхідного перетворювача напруги 7 приєднані до відповідних фаз та нульового проводу мережі, виходи першого 2, другого 4, третього 6 та четвертого 8 вхідних перетворювачів струму та четвертого вхідного перетворювача напруги 7 відповідно з'єднані з входами першого 9, другого 10, третього 11 та четвертого 12 аналого-цифрових перетворювачів, управляючі входи вхідних перетворювачів струму 2, 4, 6, 8 та вхідного перетворювача напруги 7 з'єднані з блоком гальванічної розв'язки, вихід четвертого аналого-цифрового перетворювача з'єднані з блоком гальванічної розв'язки 13 розв'язки, арифметико-логічний блок 19 приєднано до цифрового сигнального процесора 20 через системну магістраль, блок інтерфейсу USB 2.0 17 приєднано до системного контролера 14.

Пристрій функціонує таким чином. На інформаційні входи вхідних перетворювачів напруги 1, 3, 5, 7 та вхідних перетворювачів струму 2, 4, 6, 8 подаються контрольовані сигнали напруг та струмів відповідних фаз та нульового проводу мережі. Вхідні перетворювачі напруги 1, 3, 5, 7 та струму 2, 4, 6, 8 узгоджують рівні вхідних сигналів з робочим діапазоном аналого-цифрових перетворювачів та масштабування вхідного діапазону. Далі сигнал надходить відповідно на 9, 10, 11 і 12 аналого-цифрові перетворювачі. Високоточні аналого-цифрові перетворювачі 9, 10, 11 і 12 здійснюють в реальному часі аналого-цифрове перетворення для сигналів відповідних

фаз  $U_A, I_A, U_B, I_B, U_C, I_C, U_N, I_N$  з високою швидкістю. Оцифровані значення струмів та напруг надходить на блок гальванічної розв'язки 13. Блок гальванічної розв'язки 13 виконує функції електричної розв'язки вхідної високовольтної вимірювальної схеми від внутрішніх низьковольтних кіл пристрою, що в сукупності з виконанням пристрою в пластмасовому корпусі забезпечує необхідну електробезпеку пристрою. З гальванічної розв'язки 13 сигнали надходять на системний контролер 14. Системний контролер 14 забезпечує взаємодію аналого-цифрових перетворювачів з цифровим сигнальним процесором 20 і здійснює керування системними та периферійними блоками пристрою. Цифровий сигнальний процесор 20 здійснює обробку результатів перетворень аналого-цифрових перетворювачів 9, 10, 11, 12 та розрахунок показників якості електроенергії (відхилення напруги, коливання напруги, доза флікера, коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги, коефіцієнт n-ої гармонічної складової напруги, коефіцієнт несиметрії напруг за зворотною послідовністю, коефіцієнт несиметрії напруг за нульовою послідовністю, відхилення частоти, тривалість провалу напруги, імпульсна напруга, коефіцієнт тимчасової перенапруги) з похибками, що не перевищують норм, установлених ГОСТ 13109-97, причому розрахунки всіх параметрів якості електроенергії виконуються за спеціально розробленою програмою, яка знаходиться в пам'яті цифрового сигнального процесора 20. Виміряні значення з цифрового сигнального процесора 20 передаються по системній магістралі до арифметико-логічного блока 19, в якому визначаються коефіцієнт збільшення втрат потужності в нерівномірно навантажених проводах та визначаються напруги та струми нульової послідовності.

Для цього вимірюються струми в кожній фазі та нульовому проводі та визначається коефіцієнт нерівномірності струмів в фазах у чотирьох провідній лінії

$$K_H = \frac{I_N}{I_A + I_B + I_C},$$

де  $I_A, I_B, I_C$  - струм в фазах A, B і C,

$I_N$  - струм в нульовому проводі.

В ПЗП 22 зберігається інформація про величини активних опорів усіх марок проводів. Ця інформація передається в арифметико-логічний блок 19 для подальших обчислень. Ввівши інформацію про марки проводів, арифметико-логічний блок 19 обчислює коефіцієнт втрат потужності та енергії в нерівномірно навантажених проводах чотирьох провідної мережі за формулою

$$K_{y4} = 1 + (2 + 3m)K_H^2,$$

$$m = \frac{r_N}{r_{\Phi}}$$

де  $r_{\Phi}$  - відношення активних опорів нульового та фазного проводів.

Коефіцієнт втрат потужності та енергії в нерівномірно навантажених проводах чотирьохпровідної мережі являє собою відношення втрат потужності в мережі при нерівномірному навантаженні фаз до втрат потужності в тій же мережі при тому ж сумарному навантаженні, але рівномірно розподіленому по фазах

$$K_{y4} = \frac{\Delta P_{\text{нр}}}{\Delta P_{\text{нр}}} = \frac{U(I_A + I_B + I_C)}{3UI}$$

Арифметико-логічний блок 19 виконує статистичну обробку показань за певний проміжок часу, що дає можливість визначити математичне очікування  $K_H$  та  $K_{y4}$  і дозволяє встановити очікувану середню кратність збільшення втрат внаслідок роботи мережі з пофазно нерівномірним розподіленням навантаження.

Крім цього пристрій визначає втрати електроенергії в фазних та нульовому проводах за формулою

$$\Delta W_{\Sigma \text{л}} = \sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^m \int_0^t i_{ki}^2 r_i dt + \sum_{i=1}^m i_{oi}^2 r_{oi} dt,$$

де  $i_{ki}$  - лінійний струм в проводі фази k на i-й ділянці,

$i_{oi}$  - струм в нульовому проводі на i-й ділянці,

m - число ділянок,

$r_i$  - опір фазного проводу i-ї ділянки,

$r_{oi}$  - опір нульового проводу z-ї ділянки.

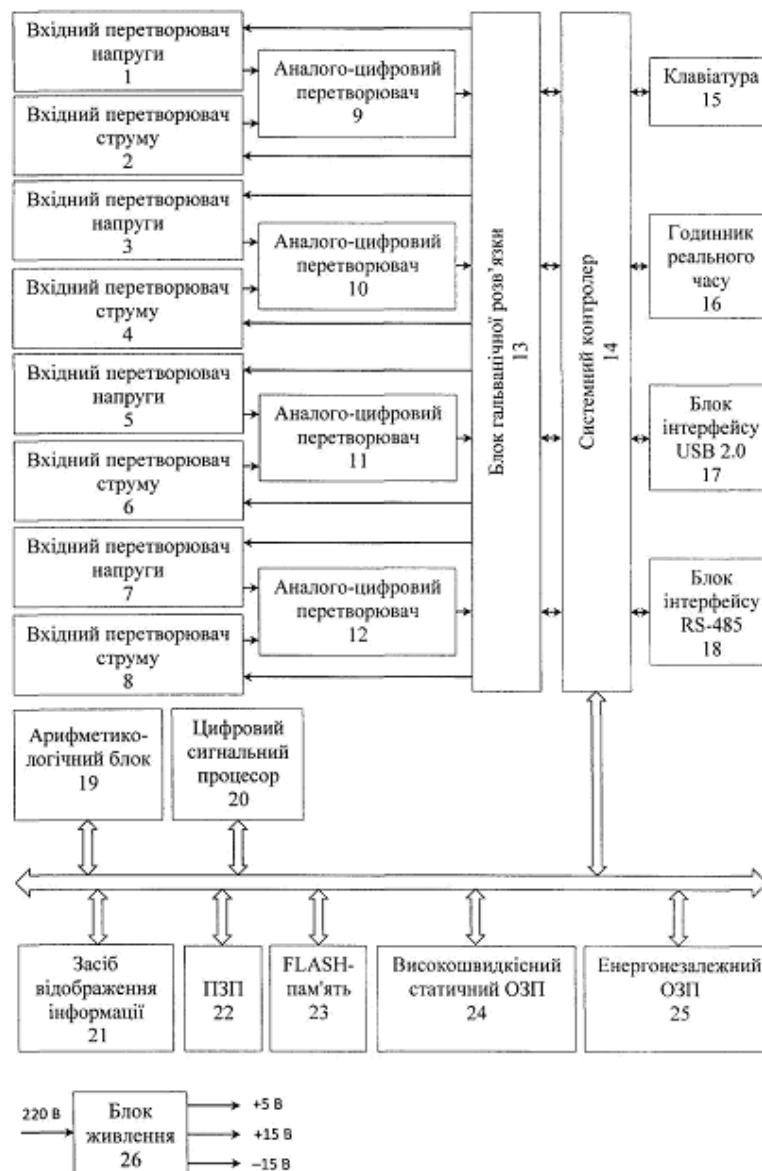
Результати обчислень зберігаються у Flash-пам'яті 23, яка забезпечує збереження інформації про всі параметри якості електроенергії та коефіцієнтів збільшення втрат потужності в нерівномірно навантажених проводах за певний проміжок часу. За допомогою вбудованої компактної клавіатури 15 користувачем задаються режими роботи пристрою (проведення

вимірювань, перегляд результатів вимірювань, вивід на друк, перевірка). Блок інтерфейсу RS-485 18 (послідовний порт) використовується для роботи пристрою у складі територіально-розподіленої локальної мережі та підключення ПЕОМ, яка може бути використана для відображення інформації в зручному для користувача вигляді, нагромадження інформації та розрахунку статистичних даних. Блок інтерфейсу USB 2.0 17 призначений для підключення принтера або приєднання периферійних приладів, наприклад зовнішня флеш-пам'ять для зберігання виміряних даних. Вбудований засіб відображення інформації 21 дозволяє відображувати дані про показники якості електроенергії та коефіцієнта збільшення втрат потужності в нерівномірно навантажених проводах у текстовому вигляді, у вигляді графіків та гістограм. Як засіб відображення використовується графічний рідкокристалічний дисплей підвищеної контрастності. Для організації зв'язку цифрового сигнального процесора з запам'ятовуваними пристроями використовується системна магістраль, що управляється системним контролером, до якої підключено ПЗП 22, високошвидкісний статичний ОЗП 24, енергонезалежний ОЗП 25. ПЗП 22 призначений для зберігання програм функціонування цифрового сигнального процесора та констант. Високошвидкісний ОЗП 24 використовується для швидкого виконання програм, що переписуються з ПЗП, зберігання констант, які часто використовуються, та поточної оперативної інформації. Блок живлення 26 здійснює перетворення змінної напруги однофазної мережі 220, 50 Гц у ряд стабілізованих напруг (+5 В, ±15 В) для живлення складових блоків пристрою. Після подачі електроживлення у пристрої обов'язково проводиться автоматична самодіагностика всіх складових блоків, що дозволяє оцінити працездатність пристрою в цілому.

Таким чином, за рахунок можливості визначення коефіцієнта втрат потужності та енергії в нерівномірно навантажених проводах чотири провідної мережі, а також більш точного визначення напруги та струму нульової послідовності значно розширюються функціональні можливості пристрою для моніторингу параметрів якості електроенергії та коефіцієнта збільшення втрат потужності в нерівномірно навантажених проводах.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Пристрій для моніторингу параметрів якості електроенергії та коефіцієнта збільшення втрат потужності в нерівномірно навантажених проводах, що містить три вхідні перетворювачі напруги, три аналого-цифрові перетворювачі, гальванічну розв'язку, системний контролер, клавіатуру, годинник реального часу, блок інтерфейсу RS-485, цифровий сигнальний процесор, засіб відображення інформації, постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП), FLASH-пам'ять, високошвидкісний статичний оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП) та енергонезалежний ОЗП, причому інформаційні входи вхідних перетворювачів напруги приєднані до відповідних фаз мережі, перший, другий та третій вхідні перетворювачі напруги відповідно приєднані до першого, другого та третього аналого-цифрових перетворювачів, управляючи входи вхідних перетворювачів напруги через блок гальванічної розв'язки з'єднано з масштабуючими виходами системного контролера, інформаційні входи якого підключено через блок гальванічної розв'язки до управляючих кіл та виходів першого, другого та третього аналого-цифрових перетворювачів, крім того клавіатуру, годинник реального часу та блок інтерфейсу RS-485 підключено до системного контролера, цифровий сигнальний процесор, засіб відображення інформації, ПЗП, FLASH-пам'ять, високошвидкісний статичний ОЗП та енергонезалежний ОЗП, які з'єднані з системною магістраллю, підключено до системного контролера, який **відрізняється** тим, що до нього введено чотири вхідних перетворювачі струму, четвертий вхідний перетворювач напруги, четвертий аналого-цифровий перетворювач, арифметико-логічний блок, блок інтерфейсу USB 2.0, причому інформаційні входи вхідних перетворювачів струму та четвертого вхідного перетворювача напруги приєднані до відповідних фаз та нульового проводу мережі, виходи першого, другого, третього та четвертого перетворювачів струму та четвертого вхідного перетворювача напруги відповідно з'єднані з входами першого, другого, третього та четвертого аналого-цифрових перетворювачів, управляючи входи вхідних перетворювачів струму та четвертого вхідного перетворювача напруги з'єднано з блоком гальванічної розв'язки, вихід четвертого аналого-цифрового перетворювача з'єднано з блоком гальванічної розв'язки, арифметико-логічний блок приєднано до цифрового сигнального процесора через системну магістраль, блок інтерфейсу USB 2.0 приєднано до системного контролера.



Комп'ютерна верстка Д. Шеверун

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601