



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **108976** (13) **C2**
(51) МПК
G01R 29/16 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

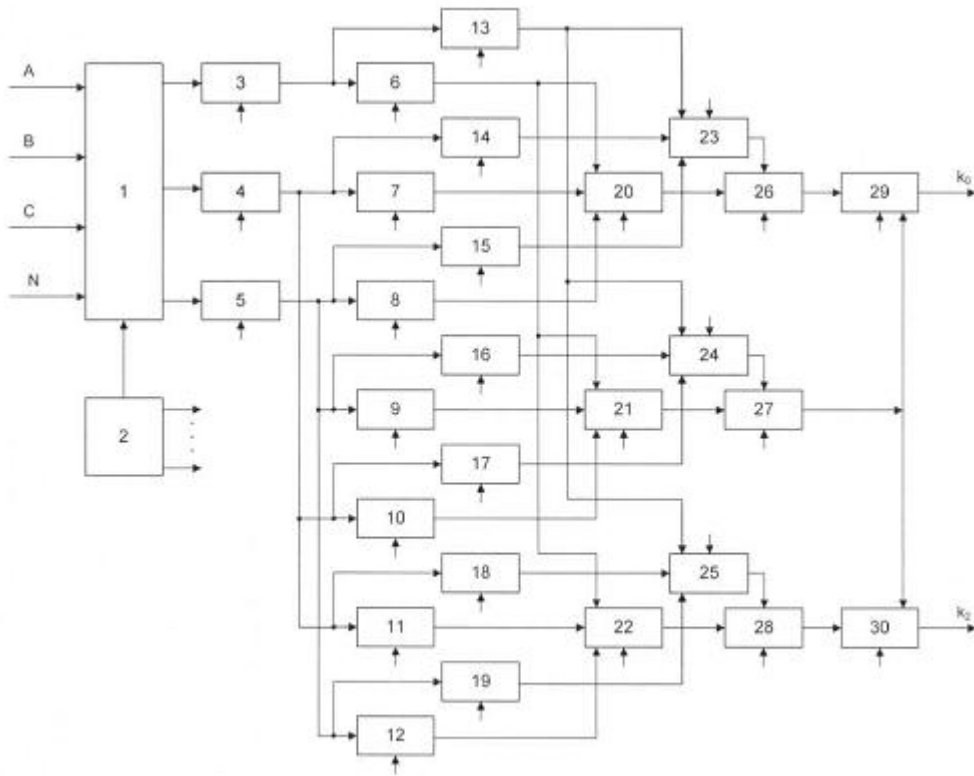
<p>(21) Номер заявки: а 2014 12151</p> <p>(22) Дата подання заявки: 10.11.2014</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.06.2015</p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: 27.04.2015, Бюл.№ 8</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.06.2015, Бюл.№ 12</p>	<p>(72) Винахідник(и): Петросян Руслан Валерікович (UA), Гніліцький Віталій Васильович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Черняхівського, 103, м. Житомир, 10005 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 75929 C2, 15.06.2006 US 5426590 A, 20.06.1995 SU 1013875 A, 23.04.1983 EP 2019323 A2; 20.01.2009 SU 473126 A1, 05.06.1975</p>
---	--

(54) ЦИФРОВИЙ ВИМІРЮВАЧ КВАДРАТУРНИХ СКЛАДОВИХ ТА КОЕФІЦІЄНТІВ НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГИ

(57) Реферат:

Винахід належить до вимірювальної техніки і може використовуватися для контролю якості електричної енергії, у релейному захисті електроустановок. Цифровий вимірювач квадратурних складових та коефіцієнтів несиметрії напруги за рахунок чотирнадцяти цифрових фільтрів із заданими амплітудно-частотними і фазочастотними характеристиками, шести суматорів, трьох блоків обчислення модулів напруги гармонічних сигналів та двох блоків ділення дозволяє підвищити точність вимірювання коефіцієнтів несиметрії напруги.

UA 108976 C2



Фиг. 1

Винахід належить до вимірювальної техніки і може використовуватися для контролю якості електричної енергії, у релейному захисті електроустановок.

Щоб мати можливість одержувати електроенергію відповідної якості, необхідно знати показники якості електроенергії. Єдиний спосіб визначити їх - забезпечити постійний контроль параметрів електричної енергії, що поставляється. Контроль показників якості здійснюється відповідно до вимог [1], серед яких найбільш важливими є коефіцієнти несиметрії напруги за нульовою та зворотною послідовностями.

Відомий пристрій вимірювання несиметрії напруги [2]. Як і пристрій-винахід, пристрій-аналог містить масштабний перетворювач, входи якого з'єднані з електричною мережею, блок синхронізації, багатоканальний аналого-цифровий перетворювач, інформаційні входи якого з'єднані з виходами масштабного перетворювача, багатоканальний цифровий фільтр.

Але на відміну від винаходу, у аналога багатоканальний цифровий фільтр є нерекурсивним і виконує функцію виділення основної гармоніки досліджуваного сигналу, що надалі дозволяє обчислити його діюче значення і, відповідно, коефіцієнт неврівноваженості мережі. Однак це призводить до збільшення похибок вимірювання параметрів при відхиленні частоти напруги в електричній мережі.

Серед відомих пристроїв для вимірювання несиметрії напруги найбільш близьким до винаходу і вибраним як прототип є цифровий вимірювач коефіцієнтів несиметрії напруги в промисловій мережі [3]. Як і пристрій-винахід, пристрій-прототип містить масштабний перетворювач, входи якого з'єднані з електричною мережею, блок синхронізації, багатоканальний аналого-цифровий перетворювач, що містить перший, другий та третій перетворювачі аналог-код, інформаційні входи яких з'єднані з виходами масштабного перетворювача, багатоканальний цифровий фільтр, що містить смугові фільтри, смуга пропускання яких визначена діапазоном відхилення частоти напруги електричної мережі, перший, другий та третій суматори, перший, другий та третій блоки обчислення модуля напруги, перший та другий блоки ділення.

Але на відміну від запропонованого винаходу, у прототипі багатоканальний цифровий фільтр містить сім цифрових фільтрів та виконує функцію виділення нульової, прямої та зворотної складових напруги сигналу, що надалі дозволяє обчислити амплітудні значення за їх миттєвими значеннями. Однак багатоканальний цифровий фільтр має доволі складну амплітудно- та фазочастотну характеристики, що потребує реалізації цифрового фільтру з високим порядком, бо зумовлює велику похибку вимірювання параметрів.

В основу винаходу поставлена задача вдосконалення цифрового вимірювача коефіцієнтів несиметрії напруги в промисловій мережі, що містить масштабний перетворювач, входи якого з'єднані з електричною мережею, блок синхронізації, багатоканальний аналого-цифровий перетворювач, що містить перший, другий та третій перетворювачі аналог-код, інформаційні входи яких з'єднані з виходами масштабного перетворювача, багатоканальний цифровий фільтр, що містить смугові фільтри, смуга пропускання яких визначена діапазоном відхилення частоти напруги електричної мережі, перший, другий та третій суматори, перший, другий та третій блоки обчислення модуля напруги, перший та другий блоки ділення, шляхом того, що додатково введені четвертий, п'ятий і шостий суматори, а багатоканальний цифровий фільтр містить чотирнадцять смугових фільтрів, причому фазо-частотна характеристика (ФЧХ) в смугі пропускання для першого, другого і третього цифрових фільтрів є лінійною, для четвертого і

шостого цифрових фільтрів ФЧХ зміщена на $-\frac{2\pi}{3}$ відносно ФЧХ першого, другого і третього

цифрових фільтрів, для п'ятого і сьомого цифрових фільтрів ФЧХ зміщена на $-\frac{4\pi}{3}$ відносно ФЧХ першого, другого і третього цифрових фільтрів, для восьмого, дев'ятого і десятого

цифрових фільтрів ФЧХ зміщена на $-\frac{\pi}{2}$ відносно ФЧХ першого, другого і третього цифрових

фільтрів, для одинадцятого і тринадцятого цифрових фільтрів ФЧХ зміщена на $-\frac{\pi}{2}$ відносно ФЧХ четвертого і шостого цифрових фільтрів, для дванадцятого і чотирнадцятого цифрових

фільтрів ФЧХ зміщена на $-\frac{\pi}{2}$ відносно ФЧХ п'ятого і сьомого цифрових фільтрів, причому вихід першого перетворювача аналог-код підключений на входи першого і восьмого цифрових фільтрів, вихід другого перетворювача аналог-код підключений до входів другого, п'ятого, шостого, дев'ятого, дванадцятого і тринадцятого цифрових фільтрів, а вихід третього перетворювача аналог-код підключений до входів третього, четвертого, сьомого, десятого,

одинадцятого і чотирнадцятого цифрових фільтрів, причому виходи першого, другого і третього цифрових фільтрів підключені до входів першого суматора, виходи першого, четвертого і п'ятого цифрових фільтрів підключені до входів другого суматора, виходи першого, шостого і сьомого цифрових фільтрів підключені до входів третього суматора, виходи восьмого, дев'ятого і десятого цифрових фільтрів підключені до входів четвертого суматора, виходи восьмого, одинадцятого і дванадцятого цифрових фільтрів підключені до входів четвертого суматора, виходи восьмого, тринадцятого і чотирнадцятого цифрових фільтрів підключені до входів шостого суматора, причому виходи першого і четвертого суматорів підключені до входів першого блока обчислення модуля напруги гармонічного сигналу, виходи другого і п'ятого суматорів підключені до входів другого блока обчислення модуля напруги гармонічного сигналу, виходи третього і шостого суматорів підключені до входів третього блока обчислення модуля напруги гармонічного сигналу, виходи першого і другого блоків обчислення модуля напруги гармонічного сигналу підключені до входів першого блока ділення, а виходи третього і другого блоків обчислення модуля напруги гармонічного сигналу підключені до входів другого блока ділення.

Поставлена задача вирішується тим, що до складу пристрою введені чотирнадцять цифрових фільтрів із заданими амплітудно-частотними і фазочастотними характеристиками, шість суматорів, три блоки обчислення модулів напруги гармонічних сигналів та два блоки ділення. Цифрові фільтри та суматори необхідні для виділення квадратурних складових прямої, нульовою та зворотної послідовностей напруги, що підвищує точність розрахунку амплітуд прямої, нульової та зворотної послідовностей напруги. Ділення використовується для одержання коефіцієнтів несиметрії напруги за нульовою та зворотною послідовностями.

Таким чином, введення додаткових семи цифрових фільтрів та трьох суматорів для вимірювання квадратурних складових дозволяє підвищити точність вимірювання коефіцієнтів несиметрії напруги.

Суть винаходу пояснюється кресленнями. Перелік креслень:

Фіг. 1 - структурна схема пристрою, що пропонується;

Фіг. 2 - частотна характеристика першого, другого і третього цифрових фільтрів та частотна характеристика восьмого, дев'ятого і десятого цифрових фільтрів;

Фіг. 3 - частотна характеристика п'ятого і сьомого цифрових фільтрів та частотна характеристика дванадцятого і чотирнадцятого цифрових фільтрів;

Фіг. 4 - частотна характеристика четвертого і шостого цифрових фільтрів та частотна характеристика одинадцятого і тринадцятого цифрових фільтрів.

Цифровий вимірювач квадратурних складових та коефіцієнтів несиметрії напруги містить (фіг. 1) масштабний перетворювач 1, блок 2 синхронізації, багатоканальний аналого-цифровий перетворювач, що містить перший, другий і третій перетворювачі 3-5 аналого-код, багатоканальний цифровий фільтр, що містить шість типів цифрових фільтрів (перший, другий і третій цифрові фільтри 6-8 - першого типу (фіг. 2); четвертий і шостий цифрові фільтри 9, 11 - другого типу (фіг. 3); п'ятий і сьомий цифрові фільтри 10, 12 - третього типу (фіг. 4); восьмий, дев'ятий і десятий цифрові фільтри 13-15 - четвертого типу (фіг. 2); одинадцятий і тринадцятий цифрові фільтри 16, 18 - п'ятого типу (фіг. 3); дванадцятий і чотирнадцятий цифрові фільтри 17, 19 - шостого типу (фіг. 4)), перший, другий і третій суматори 20-22 та четвертий, п'ятий і шостий суматори 23-25, перший, другий і третій блоки 26-28 обчислення модулів напруги гармонічних сигналів, перший і другий блоки 29, 30 ділення. Багатоканальний цифровий фільтр містить чотирнадцять смугових фільтрів 6-19, причому фазо-частотна характеристика (ФЧХ) в смузі пропускання для першого, другого і третього цифрових фільтрів 6-8 є лінійною, для четвертого і

шостого цифрових фільтрів 9, 11 ФЧХ зміщена на $-\frac{2\pi}{3}$ відносно ФЧХ першого, другого і третього цифрових фільтрів 6-8, для п'ятого і сьомого цифрових фільтрів 10, 12 ФЧХ зміщена

на $-\frac{4\pi}{3}$ відносно ФЧХ першого, другого і третього цифрових фільтрів 6-8, для восьмого,

дев'ятого і десятого цифрових фільтрів 13-15 ФЧХ зміщена на $-\frac{\pi}{2}$ відносно ФЧХ першого, другого і третього цифрових фільтрів 6-8, для одинадцятого і тринадцятого цифрових фільтрів

16, 18 ФЧХ зміщена на $-\frac{\pi}{2}$ відносно ФЧХ четвертого і шостого цифрових фільтрів 9, 11, для

дванадцятого і чотирнадцятого цифрових фільтрів 17, 19 ФЧХ зміщена на $-\frac{\pi}{2}$ відносно ФЧХ п'ятого і сьомого цифрових фільтрів 10, 12. При цьому інформаційні входи першого, другого і

третього перетворювачів 3-5 аналог-код з'єднані з виходами масштабного перетворювача 1. Вихід першого перетворювача 3 аналог-код підключений на входи першого і восьмого цифрових фільтрів 6, 13. Вихід другого перетворювача 4 аналог-код підключений на входи другого, п'ятого, шостого, дев'ятого, дванадцятого і тринадцятого цифрових фільтрів 7, 10, 11, 14, 17, 18.

5 Вихід третього перетворювача 5 аналог-код підключений на входи третього, четвертого, сьомого, десятого, одинадцятого і чотирнадцятого цифрових фільтрів 8, 9, 12, 15, 16, 19. Виходи першого, другого і третього цифрових фільтрів 6-8 підключені до входів першого суматора 20. Виходи першого, четвертого і п'ятого цифрових фільтрів 6, 9, 10 підключені до входів другого суматора 21. Виходи першого, шостого і сьомого цифрових фільтрів 6, 11, 12

10 підключаються до входів третього суматора 22. Виходи восьмого, дев'ятого і десятого цифрових фільтрів 13-15 підключені до входів четвертого суматора 23. Виходи восьмого, одинадцятого і дванадцятого цифрових фільтрів 13, 16, 17 підключені до входів четвертого суматора 24. Виходи восьмого, тринадцятого і чотирнадцятого цифрових фільтрів 13, 18, 19 підключені до входів шостого суматора 25. Виходи першого і четвертого суматорів 20, 23 підключені до входів

15 першого блоку 26 обчислення модуля напруги гармонічного сигналу. Виходи другого і п'ятого суматорів 21, 24 підключені до входів другого блоку 27 обчислення модуля напруги гармонічного сигналу. Виходи третього і шостого суматорів 22, 25 підключені до входів третього блоку 28 обчислення модуля напруги гармонічного сигналу. Виходи першого і другого блоків 26, 27 обчислення модуля напруги гармонічного сигналу підключені на входи першого блока 29

20 ділення. Виходи третього і другого блоків 28, 27 обчислення модуля напруги гармонічного сигналу підключені на входи другого блока 30 ділення.

Працює вимірювач наступним чином. Всі цифрові фільтри реалізують алгоритм, що описується виразом [4]:

$$y(n) = \sum_{k=0}^N a(n)x(n-k) + \sum_{k=1}^N b(n)y(n-k),$$

25 де $y(n)$ - вихідна послідовність сигналу; N - порядок цифрового фільтру; $a(n)$, $b(n)$ - коефіцієнти фільтра, що визначаються за заданими частотними характеристиками (фіг. 2, фіг. 3, фіг. 4) із використанням відомих методик, наприклад, [4]; $x(n)$ - вхідна послідовність сигналу.

Напруги фаз А, В, С з трифазної мережі надходять на масштабний перетворювач 1. З його виходу сигнали надходять на входи першого, другого і третього перетворювачів 3-5 аналог-код, де сигнали оцифровуються. Далі сигнал з виходу першого перетворювача 3 аналог-код надходить на входи першого і восьмого цифрових фільтрів 6, 13. Сигнал з виходу другого перетворювача 4 надходить на входи другого, п'ятого, шостого, дев'ятого, дванадцятого і тринадцятого цифрових фільтрів 7, 10, 11, 14, 17, 18. Сигнал з виходу третього перетворювача 5 надходить на входи третього, четвертого, сьомого, десятого, одинадцятого і чотирнадцятого

30 цифрових фільтрів 8, 9, 12, 15, 16, 19, де відбувається виділення основної гармоніки і необхідний зсув фази сигналу. На входи першого суматора 20 надходять сигнали з виходів першого, другого і третього цифрових фільтрів 6-8, а на входи четвертого суматора 23 надходять сигнали з виходів восьмого, дев'ятого і десятого цифрових фільтрів 13-15 для одержання квадратурних складових нульової послідовності на їх виходах. Для одержання

35 квадратурних складових прямої послідовності сигнали з виходів першого, четвертого і п'ятого цифрових фільтрів 6, 9, 10 надходять на входи другого суматора 21, а з виходів восьмого, одинадцятого і дванадцятого цифрових фільтрів 13, 16, 17 підключаються до входів четвертого суматора 24. Для одержання квадратурних складових зворотної послідовності сигнали з виходів першого, шостого і сьомого цифрових фільтрів 6, 11, 12 надходять на входи третього суматора 22, а з виходів восьмого, тринадцятого і чотирнадцятого цифрових фільтрів 13, 18, 19

40 підключаються до входів шостого суматора 25. Сигнали з виходів першого і четвертого суматорів 20, 23 надходить на вхід першого блока 26 обчислення модуля напруги гармонічного сигналу, сигнали з виходів другого і п'ятого суматорів 21, 24 надходить на вхід другого блока 27 обчислення модуля напруги гармонічного сигналу, а сигнали з виходів третього і шостого

45 суматорів 22, 25 надходить на вхід третього блока 28 обчислення модуля напруги гармонічного сигналу. З виходів першого і другого блоків 26, 27 обчислення модуля напруги гармонічного сигналу інформація надходить на входи першого блока 29 ділення, а з виходів третього і другого блоків 28, 27 обчислення модуля напруги гармонічного сигналу інформація надходить на входи другого блока 30 ділення (ділення виконується на сигнал, одержуваний на виході

50 другого блока 27 обчислення модуля напруги гармонічного сигналу). На виході першого блока 29 ділення буде цифровий код, відповідний коефіцієнту несиметрії напруги за нульовою послідовністю, а на виході другого блока 30 ділення буде цифровий код, відповідний коефіцієнту несиметрії напруги за зворотною послідовністю. За необхідністю виходи першого і

другого блоків 29, 30 ділення можуть підключатися до блока, що масштабує, з коефіцієнтом передачі 100 для одержання значень вихідного цифрового коду у відсотках. Керування роботою всіх блоків здійснюється за допомогою блока 2 синхронізації.

5 Джерела інформації:

1. ГОСТ 13109-97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. - Взамен ГОСТ 13109-87; Введ. 01.01.2000. - Минск: Изд-во стандартов, 1999. - 31 с.

10 2. Цифровой измеритель неуравновешенности напряжений в промышленной сети: А.с. 1645915 СССР, МКИ G 01 R 29/16, G 06 F 15/56 / В.Я. Майер (SU), Зения (MG), Петровская Л.Л. (SU). № 4488232/24; Заявл. 23.06.88; Опубл. 30.04.91, Бюл. № 16.

15 3. Патент України на винахід № 75929, МПК G01R 29/00. Цифровий вимірювач коефіцієнтів несиметрії напруги в промисловій мережі / Р.В. Петросян - № 2004010039; Заявл. 08.01.04; Надр. 15.06.06, Бюл. № 6.

4. Справочник по устройствам цифровой обработки информации / Н.А. Виноградов, В.Н. Яковлев, В.В. Воскресенский и др. - К.: Техника, 1988. - 415 с.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

20

Цифровий вимірювач квадратурних складових та коефіцієнтів несиметрії напруги, що містить масштабний перетворювач (1), входи якого з'єднані з електричною мережею, блок синхронізації (2), багатоканальний аналого-цифровий перетворювач, що містить перший, другий та третій перетворювачі (3-5) аналог-код, інформаційні входи яких з'єднані з виходами масштабного перетворювача (1), багатоканальний цифровий фільтр, що містить смугові фільтри, смуга пропускання яких визначена діапазоном відхилення частоти напруги електричної мережі, перший, другий та третій суматори (20-22), перший, другий та третій блоки (26-28) обчислення модуля напруги, перший та другий блоки (29, 30) ділення, який **відрізняється** тим, що додатково введені четвертий, п'ятий і шостий суматори (23-25), а багатоканальний цифровий фільтр містить чотирнадцять смугових фільтрів (6-19), причому фазо-частотна характеристика (ФЧХ) в смузі пропускання для першого, другого і третього цифрових фільтрів (6-8) є лінійною, для четвертого і шостого цифрових фільтрів (9, 11) ФЧХ зміщена на $-\frac{2\pi}{3}$ відносно ФЧХ першого, другого і третього цифрових фільтрів (6-8), для п'ятого і сьомого цифрових фільтрів (10, 12) ФЧХ зміщена на $-\frac{4\pi}{3}$ відносно ФЧХ першого, другого і третього цифрових фільтрів (6-

35

8), для восьмого, дев'ятого і десятого цифрових фільтрів (13-15) ФЧХ зміщена на $-\frac{\pi}{2}$ відносно ФЧХ першого, другого і третього цифрових фільтрів (6-8), для одинадцятого і тринадцятого цифрових фільтрів (16, 18) ФЧХ зміщена на $-\frac{\pi}{2}$ відносно ФЧХ четвертого і шостого цифрових фільтрів (9, 11), для дванадцятого і чотирнадцятого цифрових фільтрів (17, 19) ФЧХ зміщена на $-\frac{\pi}{2}$ відносно ФЧХ п'ятого і сьомого цифрових фільтрів (10, 12), причому вихід першого

40

перетворювача (3) аналог-код підключений на входи першого і восьмого цифрових фільтрів (6, 13), вихід другого перетворювача (4) аналог-код підключений до входів другого, п'ятого, шостого, дев'ятого, дванадцятого і тринадцятого цифрових фільтрів (7, 10, 11, 14, 17, 18), а вихід третього перетворювача (5) аналог-код підключений до входів третього, четвертого, сьомого, десятого, одинадцятого і чотирнадцятого цифрових фільтрів (8, 9, 12, 15, 16, 19),

45

причому виходи першого, другого і третього цифрових фільтрів (6-8) підключені до входів першого суматора (20), виходи першого, четвертого і п'ятого цифрових фільтрів (6, 9, 10) підключені до входів другого суматора (21), виходи першого, шостого і сьомого цифрових фільтрів (6, 11, 12) підключені до входів третього суматора (22), виходи восьмого, дев'ятого і десятого цифрових фільтрів (13-15) підключені до входів четвертого суматора (23), виходи

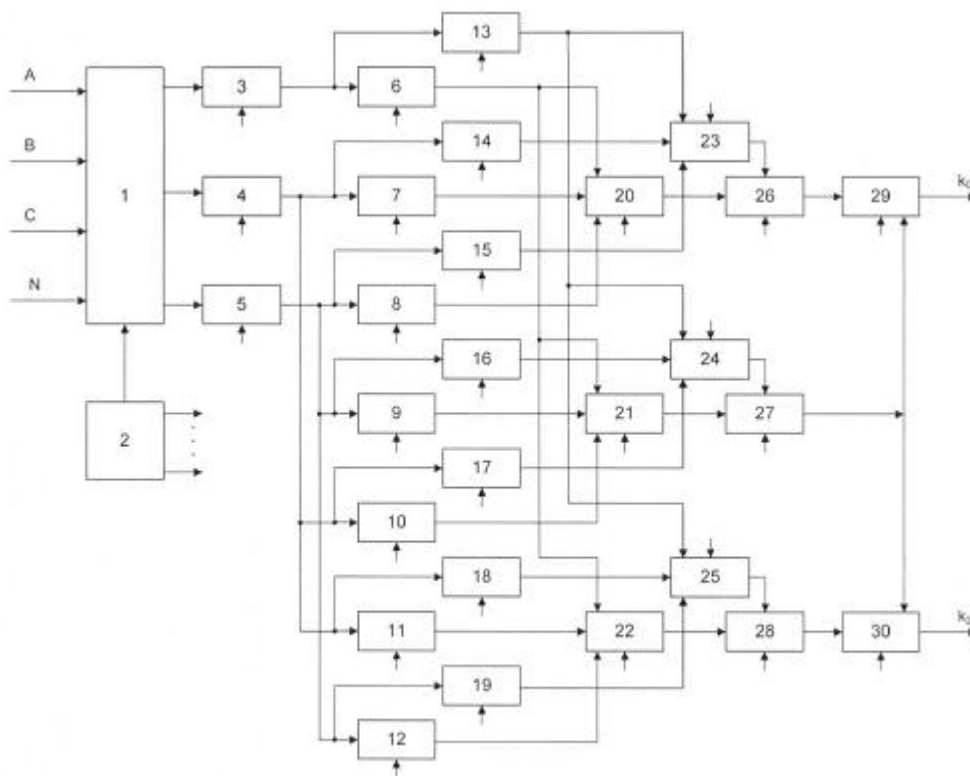
50

восьмого, одинадцятого і дванадцятого цифрових фільтрів (13, 16, 17) підключені до входів четвертого суматора (24), виходи восьмого, тринадцятого і чотирнадцятого цифрових фільтрів (13, 18, 19) підключені до входів шостого суматора (25), причому виходи першого і четвертого суматорів (20, 23) підключені до входів першого блока (26) обчислення модуля напруги гармонічного сигналу, виходи другого і п'ятого суматорів (21, 24) підключені до входів другого блока (27) обчислення модуля напруги гармонічного сигналу, виходи третього і шостого

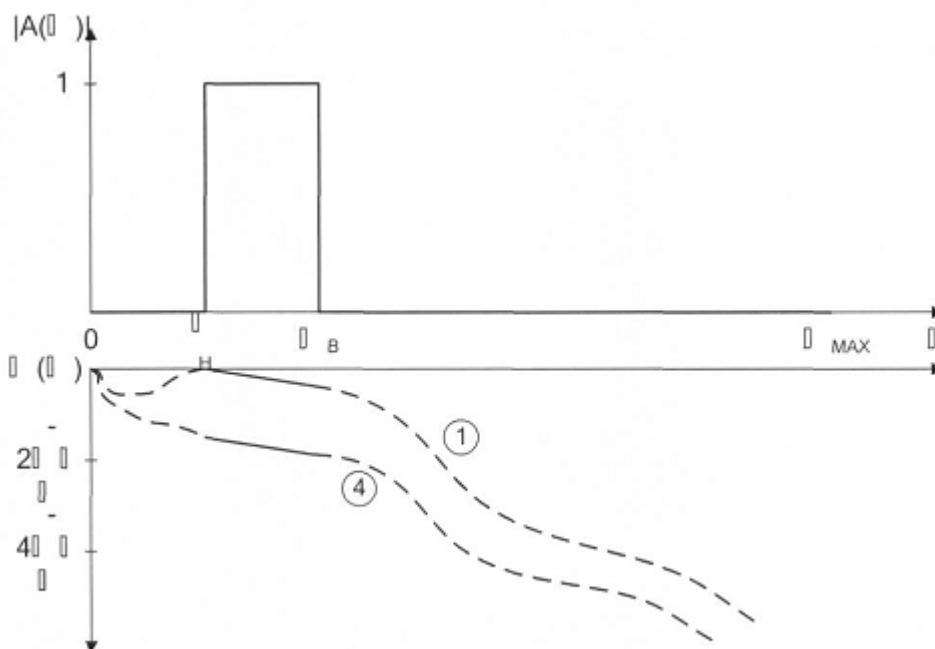
55

суматорів (22, 25) підключені до входів третього блока (28) обчислення модуля напруги гармонічного сигналу, виходи першого і другого блоків (26, 27) обчислення модуля напруги гармонічного сигналу підключені до входів першого блока (29) ділення, а виходи третього і другого блоків (28, 27) обчислення модуля напруги гармонічного сигналу підключені до входів другого блока (30) ділення.

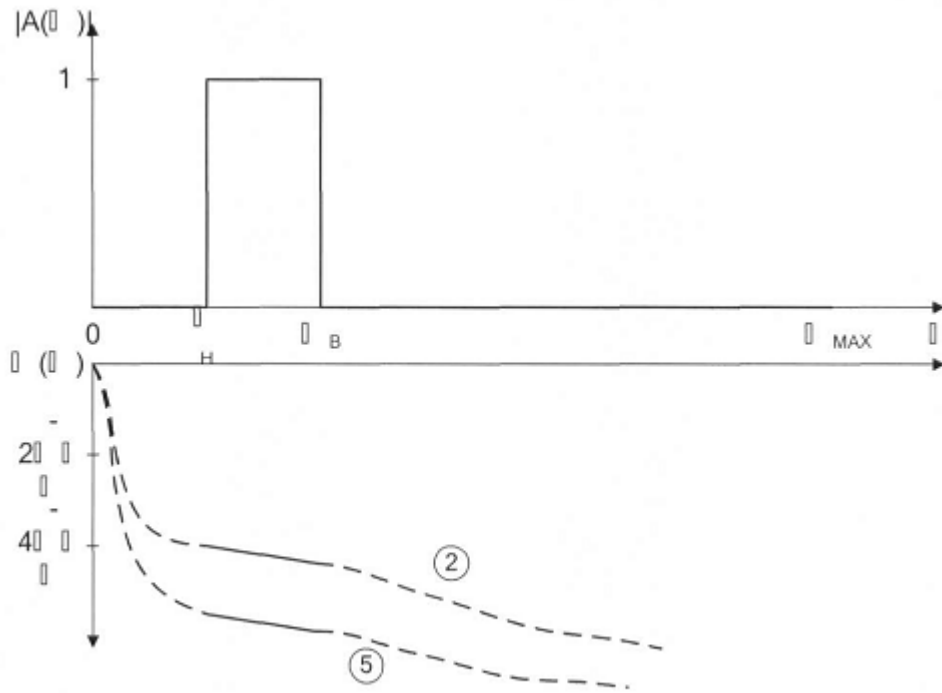
5



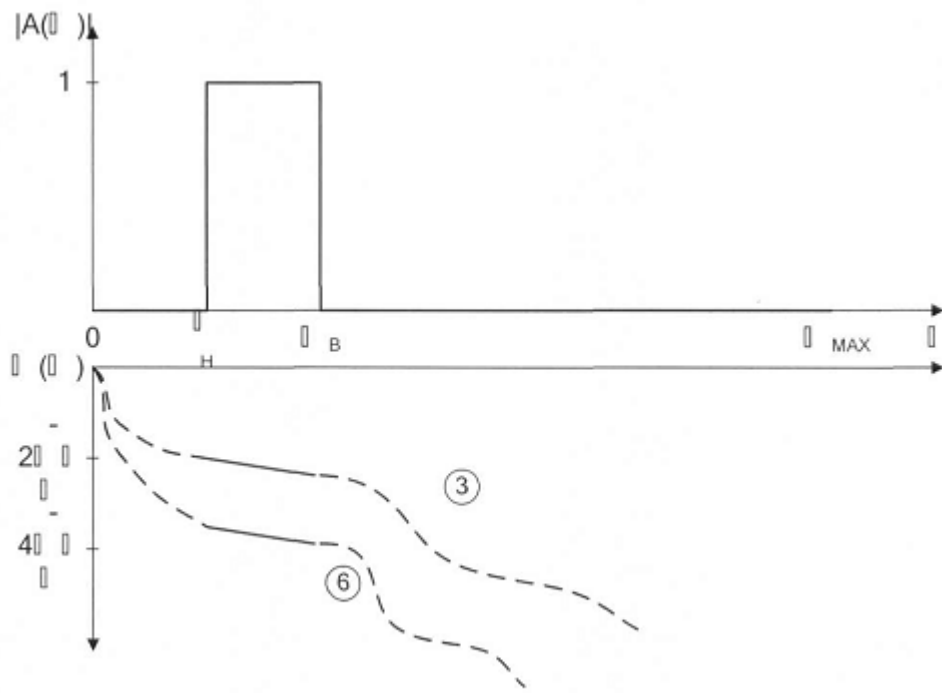
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4

Комп'ютерна верстка І. Скворцова

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

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