



УКРАЇНА

(19) UA (11) 53130 (13) A

(51) 7 G06F17/14

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІДВидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОБЧИСЛЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ФУР'Є

1

2

(21) 2002032192

(22) 19 03 2002

(24) 15 01 2003

(46) 15 01 2003, Бюл. № 1, 2003 р.

(72) Волинець Віктор Іванович

(73) ВІННИЦЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ

(57) 1 Пристрій для обчислення коефіцієнтів Фур'є, що містить два вхідних реєстри, чотири блоки множення, шість підсумовуючих блоків, два проміжних реєстри, чотири блоки зсуву, чотири блоки округлення та блок керування зсувами, вихід якого підключений до керуючих входів з першого по четвертий блоків зсуву та є виходом значення коефіцієнта масштабування операндів пристрою, інформаційні входи першого та другого вхідних реєстрів підключені до вхідних шин відповідно до дійсної та уявної частин другого операнда, вихід першого вхідного реєстра з'єднаний з першими інформаційними входами третього та п'ятого підсумовуючих блоків, вихід другого вхідного реєстра з'єднаний з першими інформаційними входами четвертого та шостого підсумовуючих блоків, виходи першого та другого блоків множення з'єднані з входами першого підсумовуючого блока, виходи третього та четвертого блоків множення з'єднані з входами другого підсумовуючого блока, виходи першого, другого, третього та четвертого блоків зсуву підключені відповідно до входів першого, другого, третього та четвертого блоків округлення, виходи яких підключені до вхідних шин першого та другого операндів пристрою і до входів блока керування зсувами, який відрізняється тим, що в пристрій введені третій, четвертий, п'ятий та шостий вхідні реєстри, шість комутаторів та блок керування пристроєм, інформаційні входи третього та четвертого вхідних реєстрів підключені до вхідних шин відповідно до дійсної та уявної частин першого операнда, інформаційні входи п'ятого та шостого вхідних реєстрів підключені до вхідних шин відповідно до дійсної та уявної частин вагового коефіцієнта, вихід третього вхідного реєстра підключений до першого інформаційного входу першого комутатора та другого інформаційного входу третього комутатора, вихід якого підключений до других інформаційних входів третього та п'ятого підсумовуючих блоків, вихід першого комутатора підключений до перших інформаційних входів першого та четвертого блоків множення, вихід другого комутатора підключений до перших інформаційних входів другого та третього блоків множення, вихід першого підсумовуючого блока підключений до першого інформаційного входу третього комутатора та другого інформаційного входу шостого комутатора, виходи третього та четвертого підсумовуючих блоків підключені відповідно до інформаційних входів першого та другого проміжних реєстрів, вихід п'ятого підсумовуючого блока підключений до першого інформаційного входу п'ятого комутатора та другого інформаційного входу першого комутатора, вихід шостого підсумовуючого блока підключений до першого інформаційного входу шостого комутатора та другого інформаційного входу другого комутатора, виходи першого та другого проміжних реєстрів і п'ятого та шостого комутаторів підключені відповідно до інформаційних входів першого, другого, третього та четвертого блоків зсуву, перший вхід блока керування пристроєм з'єднаний з керуючими входами блоків множення та керуючими входами з третього по шостий підсумовуючих блоків і підключений до шин тактових імпульсів пристрою, другий вхід блока керування пристроєм з'єднаний з керуючими входами першого та другого комутаторів і підключений до першого входу завдання режиму роботи пристрою, другий вхід завдання режиму роботи пристрою підключений до третього входу блока керування пристроєм, перший вихід якого підключений до керуючих входів третього та четвертого вхідних реєстрів, другий вихід підключений до керуючих

четвертого вхідного реєстра підключений до першого інформаційного входу другого комутатора та другого інформаційного входу четвертого комутатора, вихід якого підключений до других інформаційних входів четвертого та шостого підсумовуючих блоків, вихід п'ятого вхідного реєстра підключений до других інформаційних входів першого та третього блоків множення, вихід шостого вхідного реєстра підключений до других інформаційних входів другого та четвертого блоків множення, вихід першого комутатора підключений до перших інформаційних входів першого та четвертого блоків множення, вихід другого комутатора підключений до перших інформаційних входів другого та третього блоків множення, вихід першого підсумовуючого блока підключений до першого інформаційного входу третього комутатора та другого інформаційного входу п'ятого комутатора, вихід другого підсумовуючого блока підключений до першого інформаційного входу четвертого комутатора та другого інформаційного входу шостого комутатора, виходи третього та четвертого підсумовуючих блоків підключені відповідно до інформаційних входів першого та другого проміжних реєстрів, вихід п'ятого підсумовуючого блока підключений до першого інформаційного входу п'ятого комутатора та другого інформаційного входу першого комутатора, вихід шостого підсумовуючого блока підключений до першого інформаційного входу шостого комутатора та другого інформаційного входу другого комутатора, виходи першого та другого проміжних реєстрів і п'ятого та шостого комутаторів підключені відповідно до інформаційних входів першого, другого, третього та четвертого блоків зсуву, перший вхід блока керування пристроєм з'єднаний з керуючими входами блоків множення та керуючими входами з третього по шостий підсумовуючих блоків і підключений до шин тактових імпульсів пристрою, другий вхід блока керування пристроєм з'єднаний з керуючими входами першого та другого комутаторів і підключений до першого входу завдання режиму роботи пристрою, другий вхід завдання режиму роботи пристрою підключений до третього входу блока керування пристроєм, перший вихід якого підключений до керуючих входів третього та четвертого вхідних реєстрів, другий вихід підключений до керуючих

(19) UA (11) 53130 (13) A

входів п'ятого та шостого вхідних реєстрів і першого та другого проміжних реєстрів, третій вихід підключений до керуючих входів першого та другого вхідних реєстрів, четвертий вихід підключений до керуючих входів третього та четвертого комутаторів, п'ятий вихід підключений до керуючих входів п'ятого та шостого комутаторів

2 Пристрій за п. 1, який **відрізняється** тим, що блок керування пристроєм містить елемент І, два інвертори та чотири елементи АБО, перший вхід блока керування підключений до перших входів з другого по четвертий елементи АБО, другий вхід блока керування підключений до першого входу

елемента І та другого входу першого елемента АБО, третій вхід блока керування підключений до других входів елемента І, другого елемента АБО та входу першого інвертора, вихід якого підключений до першого входу першого елемента АБО, вихід якого є четвертим виходом блока керування, вихід елемента І є п'ятим виходом блока керування та підключений до другого входу четвертого елемента АБО і входу другого інвертора, вихід якого підключений до другого входу третього елемента АБО, виходи другого, третього та четвертого елементів АБО є відповідно першим, другим та третім виходами блока керування

Винахід належить до галузі цифрової обчислювальної техніки і може бути застосований в пристроях обчислення спектрів, згорток та кореляційних функцій на основі використання алгоритму швидкого перетворення Фур'є

Відомий пристрій для обчислення коефіцієнтів Фур'є [А с СССР №736112, кл G06F15/34, Бюл №19, 1980], що містить шість вхідних реєстрів, чотири блоки множення, шість підсумовуючих блоків, два проміжних реєстри, чотири блоки зсуву та блок керування зсувами, вихід якого підключений до керуючих входів блоків зсуву та є виходом значення коефіцієнта масштабування операндів пристрою, інформаційні входи п'ятого та шостого вхідних реєстрів підключені до шин дійсної та уявної частин вагового коефіцієнта, виходи п'ятого та шостого вхідних реєстрів підключені до других входів відповідно першого і третього та другого і четвертого блоків множення

Недоліком даного пристрою є низька точність обчислення коефіцієнтів Фур'є при використанні його в процесорах, що реалізують алгоритм швидкого перетворення Фур'є над масивами двійкових чисел з фіксованою комою, внаслідок того, що масштабування операндів базової операції, котру реалізує даний пристрій, відбувається на вході пристрою методом усикання, що призводить до значного накопичення помилок округлення проміжних результатів

Найбільш близьким за технічною сутністю до пропонуваного є пристрій для обчислення коефіцієнтів Фур'є [Патент України, №23056, кл G06F17/14, Бюл №3, 1998], що містить два вхідних реєстри, чотири блоки множення, шість підсумовуючих блоків, два проміжних реєстри, чотири блоки зсуву, чотири блоки округлення та блок керування зсувами, вихід якого підключений до керуючих входів з першого по четвертий блоків зсуву та є виходом значення коефіцієнта масштабування операндів пристрою, інформаційні входи першого та другого вхідних реєстрів підключені до вхідних шин відповідно дійсної та уявної частин другого операнда, вихід першого вхідного реєстра з'єднаний з першими інформаційними входами третього та п'ятого підсумовуючих блоків, вихід другого вхідного реєстра з'єднаний з першими інформаційними входами четвертого та шостого підсумовуючих блоків, виходи першого та другого

блоків множення з'єднані з входами першого підсумовуючого блоку, виходи третього та четвертого блоків множення з'єднані з входами другого підсумовуючого блоку, виходи першого, другого, третього та четвертого блоків зсуву підключені відповідно до входів першого, другого, третього та четвертого блоків округлення, виходи яких підключені до вихідних шин першого та другого операндів пристрою і до входів блока керування зсувами

Недоліком даного пристрою є низька точність обчислення коефіцієнтів Фур'є, оскільки даний пристрій може використовуватись лише в процесорах швидкого перетворення Фур'є, що реалізують алгоритм з проріджуванням по часу, розрахункова теоретична точність вихідних результатів якого нижча за точність вихідних результатів алгоритму з проріджуванням по частоті Крім того, даний пристрій накопичує похибки округлення результатів множення навіть при виконанні базових операцій з значенням вагового коефіцієнта рівного одиниці, які теоретично повинні виконуватись без похибок множення

В основу винаходу поставлено задачу створення пристрою для обчислення коефіцієнтів Фур'є, в якому за рахунок можливості реалізації базової операції алгоритму швидкого перетворення Фур'є з проріджуванням по частоті та виключення похибок округлення результатів множення при виконанні базових операцій з значенням вагового коефіцієнта рівного одиниці підвищується точність обчислення коефіцієнтів Фур'є

Поставлена задача досягається за рахунок того, що в пристрій для обчислення коефіцієнтів Фур'є, що містить два вхідних реєстри, чотири блоки множення, шість підсумовуючих блоків, два проміжних реєстри, чотири блоки зсуву, чотири блоки округлення та блок керування зсувами, вихід якого підключений до керуючих входів з першого по четвертий блоків зсуву та є виходом значення коефіцієнта масштабування операндів пристрою, інформаційні входи першого та другого вхідних реєстрів підключені до вхідних шин відповідно дійсної та уявної частин другого операнда, вихід першого вхідного реєстра з'єднаний з першими інформаційними входами третього та п'ятого підсумовуючих блоків, вихід другого вхідного реєстра з'єднаний з першими інформаційними входами четвертого та шостого підсумовуючих блоків, ви-

ходи першого та другого блоків множення з'єднані з входами першого підсумовуючого блоку, виходи третього та четвертого блоків множення з'єднані з входами другого підсумовуючого блоку, виходи першого, другого, третього та четвертого блоків зсуву підключені відповідно до входів першого, другого, третього та четвертого блоків округлення, виходи яких підключені до вихідних шин першого та другого операндів пристрою і до входів блока керування зсувами, введені третій, четвертий, п'ятий та шостий вхідні регістри, шість комутаторів та блок керування пристроєм, інформаційні входи третього та четвертого вхідних регістрів підключені до вхідних шин відповідно дійсної та уявної частин першого операнда, інформаційні входи п'ятого та шостого вхідних регістрів підключені до вхідних шин відповідно дійсної та уявної частин вагового коефіцієнта, вихід третього вхідного регістра підключений до першого інформаційного входу першого комутатора та другого інформаційного входу третього комутатора, вихід якого підключений до других інформаційних входів третього та п'ятого підсумовуючих блоків, вихід четвертого вхідного регістра підключений до першого інформаційного входу другого комутатора та другого інформаційного входу четвертого комутатора, вихід якого підключений до других інформаційних входів четвертого та шостого підсумовуючих блоків, вихід п'ятого вхідного регістра підключений до других інформаційних входів першого та третього блоків множення, вихід шостого вхідного регістра підключений до других інформаційних входів другого та четвертого блоків множення, вихід першого комутатора підключений до перших інформаційних входів першого та четвертого блоків множення, вихід другого комутатора підключений до перших інформаційних входів другого та третього блоків множення, вихід першого підсумовуючого блоку підключений до першого інформаційного входу третього комутатора та другого інформаційного входу п'ятого комутатора, вихід другого підсумовуючого блоку підключений до першого інформаційного входу четвертого комутатора та другого інформаційного входу шостого комутатора, виходи третього та четвертого підсумовуючих блоків підключені відповідно до інформаційних входів першого та другого проміжних регістрів, вихід п'ятого підсумовуючого блоку підключений до першого інформаційного входу п'ятого комутатора та другого інформаційного входу першого комутатора, вихід шостого підсумовуючого блоку підключений до першого інформаційного входу шостого комутатора та другого інформаційного входу другого комутатора, виходи першого та другого проміжних регістрів і п'ятого та шостого комутаторів підключені відповідно до інформаційних входів першого, другого, третього та четвертого блоків зсуву, перший вхід блоку керування пристроєм з'єднаний з керуючими входами блоків множення та керуючими входами з третього по шостий підсумовуючих блоків і підключений до шин тактових імпульсів пристрою, другий вхід блоку керування пристроєм з'єднаний з керуючими входами першого та другого комутаторів і підключений до першого входу завдання режиму роботи пристрою, другий вхід завдання режиму роботи пристрою підключений

до третього входу блоку керування пристроєм, перший вихід якого підключений до керуючих входів третього та четвертого вхідних регістрів, другий вихід підключений до керуючих входів п'ятого та шостого вхідних регістрів і першого та другого проміжних регістрів, третій вихід підключений до керуючих входів першого та другого вхідних регістрів, четвертий вихід підключений до керуючих входів третього та четвертого комутаторів, п'ятий вихід підключений до керуючих входів п'ятого та шостого комутаторів

Введення в пристрій третього, четвертого, п'ятого та шостого вхідних регістрів, шести комутаторів та блока керування пристроєм разом з їх зв'язками дозволило реалізувати в пристрої виконання як базових операцій алгоритму швидкого перетворення Фур'є з проріджуванням по часу так і базових операцій алгоритму швидкого перетворення Фур'є з проріджуванням по частоті та виключити виконання операцій множення при реалізації базових операцій з значенням вагового коефіцієнта рівного одиниці, внаслідок чого підвищилась точність обчислення коефіцієнтів Фур'є та розширились функціональні можливості пристрою Крім того, оскільки для виконання базових операцій, що не вимагають операцій множення, необхідно значно менше часу ніж для виконання базових операцій, що вимагають операцій множення, за рахунок підвищення частоти тактових імпульсів при виконанні базових операцій без операцій множення можна зменшити загальний час роботи пристрою, тобто підвищити його швидкість

На фіг 1 представлена структурна схема пристрою для обчислення коефіцієнтів Фур'є, на фіг 2 - функціональна схема блока керування пристроєм

Пристрій (фіг 1) містить вхідні регістри 1 - 6, комутатори 7 і 8, блоки 9 - 12 множення, підсумовуючі блоки 13 і 14, комутатори 15 і 16, підсумовуючі блоки 17 - 20, проміжні регістри 21 і 22, комутатори 23 і 24, блоки 25 - 28 зсуву, блоки 29 - 32 округлення, блок 33 керування зсувами та блок 34 керування пристроєм

Блок 34 керування пристроєм (фіг 2) містить інвертор 35, елемент 136, елемент АБО 37, інвертор 38, елементи АБО 39 - 41

Інформаційні входи першого та другого вхідних регістрів 5, 6 підключені до вхідних шин відповідно дійсної та уявної частин другого операнда, інформаційні входи третього та четвертого вхідних регістрів 1, 2 підключені до вхідних шин відповідно дійсної та уявної частин першого операнда, інформаційні входи п'ятого та шостого вхідних регістрів 3, 4 підключені до вхідних шин відповідно дійсної та уявної частин вагового коефіцієнта, вихід першого вхідного регістра 5 з'єднаний з першими інформаційними входами третього та п'ятого підсумовуючих блоків 17 і 19, вихід другого вхідного регістра 6 з'єднаний з першими інформаційними входами четвертого та шостого підсумовуючих блоків 18 і 20, вихід третього вхідного регістра 1 підключений до першого інформаційного входу першого комутатора 7 та другого інформаційного входу третього комутатора 15, вихід якого підключений до других інформаційних входів третього та п'ятого підсумовуючих блоків 17 і 19, вихід четвер-

того вхідного регістра 2 підключений до першого інформаційного входу другого комутатора 8 та другого інформаційного входу четвертого комутатора 16, вихід якого підключений до других інформаційних входів четвертого та шостого підсумовуючих блоків 18 і 20, вихід п'ятого вхідного регістра 3 підключений до других інформаційних входів першого та третього блоків 9, 11 множення, вихід шостого вхідного регістра 4 підключений до других інформаційних входів другого та четвертого блоків 10, 12 множення, вихід першого комутатора 7 підключений до перших інформаційних входів першого та четвертого блоків 9, 12 множення, вихід другого комутатора 8 підключений до перших інформаційних входів другого та третього блоків 10, 11 множення, виходи першого та другого блоків 9, 10 множення з'єднані з входами першого підсумовуючого блоку 13, вихід якого підключений до першого інформаційного входу третього комутатора 15 та другого інформаційного входу п'ятого комутатора 23, виходи третього та четвертого блоків 11, 12 множення з'єднані з входами другого підсумовуючого блоку 14, вихід якого підключений до першого інформаційного входу четвертого комутатора 16 та другого інформаційного входу шостого комутатора 24, виходи третього та четвертого підсумовуючих блоків 17, 18 підключені відповідно до інформаційних входів першого та другого проміжних регістрів 21 і 22, вихід п'ятого підсумовуючого блоку 19 підключений до першого інформаційного входу п'ятого комутатора 23 та другого інформаційного входу першого комутатора 7, вихід шостого підсумовуючого блоку 20 підключений до першого інформаційного входу шостого комутатора 24 та другого інформаційного входу другого комутатора 8, виходи першого та другого проміжних регістрів 21, 22 і п'ятого та шостого комутаторів 23, 24 підключені відповідно до інформаційних входів першого, другого, третього та четвертого блоків 25-28 зсуву, виходи яких підключені відповідно до входів першого, другого, третього та четвертого блоків 29-32 округлення, виходи яких підключені до вихідних шин першого та другого операндів пристрою і до входів блока 33 керування зсувами, вихід якого підключений до керуючих входів з першого по четвертий блоків 25 - 28 зсуву та є виходом значення коефіцієнта масштабування операндів пристрою, перший вхід блока 34 керування пристроєм з'єднаний з керуючими входами блоків 9 - 12 множення та керуючими входами з третього по шостий підсумовуючих блоків 17 - 20 і підключений до шин тактових імпульсів пристрою, другий вхід блока 34 керування пристроєм з'єднаний з керуючими входами першого та другого комутаторів 7, 8 і підключений до першого входу завдання режиму роботи пристрою, другий вхід завдання режиму роботи пристрою підключений до третього входу блока 34 керування пристроєм, перший вихід якого підключений до керуючих входів третього та четвертого вхідних регістрів 1 і 2, другий вихід підключений до керуючих входів п'ятого та шостого вхідних регістрів 3, 41 першого та другого проміжних регістрів 21 і 22, третій вихід підключений до керуючих входів першого та другого вхідних регістрів 5 і 6, четвертий вихід підключений до керуючих входів третього та четвертого

комутаторів 15 і 16, п'ятий вихід підключений до 8 керуючих входів п'ятого та шостого комутаторів 23, 24

Перший вхід блока 34 керування пристроєм підключений до перших входів з другого по четвертий елементи АБО 39 - 41, другий вхід блока керування підключений до першого входу елементу І 36 та другого входу першого елементу АБО 37, третій вхід блока керування підключений до других входів елементу І 36, другого елементу АБО 39 та входу першого інвертора 35, вихід якого підключений до першого входу першого елементу АБО 37, вихід якого є четвертим виходом блока керування, вихід елементу І 36 є п'ятим виходом блока керування та підключений до другого входу четвертого елементу АБО 41 і входу другого інвертора 38, вихід якого підключений до другого входу третього елементу АБО 40, виходи другого, третього та четвертого елементів АБО 39 - 41 є відповідно першим, другим та третім виходами блока керування

Пропонований пристрій для обчислення коефіцієнтів Фур'є реалізує базові операції алгоритмів швидкого перетворення Фур'є з проріджуванням по часу та частоті, котрі визначаються відповідно формулами (1) та (2)

$$A' = A + B \quad W$$

$$B' = A + B \quad (1)$$

$$A' = A + B$$

$$B' = (A - B) \quad W \quad (2)$$

де  $A$  та  $B$  - комплексні значення відповідно другого та першого вхідних операндів,

$A'$  та  $B'$  - комплексні значення відповідно другого та першого вихідних операндів,

$W$  - комплексне значення вагового коефіцієнта

Якщо ввести позначення дійсних та уявних частин комплексних значень, то формули (1) та (2) можна замінити відповідно формулами (3) та (4)

$$\begin{aligned} \text{Re}A' &= \text{Re}A + (\text{Re}B \quad \text{Re}W - \text{Im}B \quad \text{Im}W) \quad \text{Im}A' = \\ &= \text{Im}A + (\text{Im}B \quad \text{Re}W + \text{Re}B \quad \text{Im}W) \quad \text{Re}B' = \text{Re}A - \\ &= (\text{Re}B \quad \text{Re}W - \text{Im}B \quad \text{Im}W) \quad \text{Im}A' = \text{Im}A - (\text{Im}B \quad \text{Re}W + \text{Re}B \quad \text{Im}W) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{Re}A' = \text{Re}A + \text{Re}B$$

$$\text{Im}A' = \text{Im}A + \text{Im}B$$

$$\begin{aligned} \text{Re}B' &= (\text{Re}A - \text{Re}B) \quad \text{Re}W - (\text{Im}A - \text{Im}B) \quad \text{Im}W \\ \text{Im}B' &= (\text{Im}A - \text{Im}B) \quad \text{Re}W + (\text{Re}A - \text{Re}B) \quad \text{Im}W \end{aligned} \quad (4)$$

де  $\text{Re}$  та  $\text{Im}$  позначають відповідно дійсні та уявні частини комплексних значень

Реалізація базових операцій, в яких значення вагового коефіцієнта  $W$  дорівнює одиниці, визначається формулами 5

$$\text{Re}A' = \text{Re}A + \text{Re}B$$

$$\text{Im}A' = \text{Im}A + \text{Im}B$$

$$\text{Re}B' = \text{Re}A - \text{Re}B$$

$$\text{Im}B' = \text{Im}A - \text{Im}B \quad (5)$$

Пристрій працює наступним чином

На другий та третій входи блока 34 керування пристроєм поступають сигнали, що визначають тип базової операції, що реалізується пристроєм. Нульовий сигнал на третьому вході відповідає базовій операції за формулами (5) незалежно від сигналу на другому вході. При одиничному сигналі на третьому вході тип базової операції визначається сигналом на другому вході. Якщо він нульовий, то реалізується базова операція за формулами (3), якщо одиничний - базова операція за

формулами (4)

При реалізації базової операції за формулами (3) на першому та другому виходах блока 34 керування пристроєм встановлюються одиничні сигнали, внаслідок чого вхідні реєстри 1 - 4 та проміжні реєстри 21, 22 працюють в режимі пропуску даних з їх інформаційних входів на виходи 3 третього виходу блока 34 керування пристроєм подаються тактові імпульси, котрі поступають з першого входу блока. На четвертому та п'ятому виходах блока 34 керування пристроєм встановлюються нульові сигнали, внаслідок чого комутатори 15, 16, 23, 24 пропускають дані з їх перших інформаційних входів. Комутатори 7, 8 також пропускають дані з їх перших інформаційних входів, оскільки на їх керуючих входах присутній нульовий сигнал. З приходом чергового тактового імпульсу значення дійсних та уявних частин першого операнда та вагового коефіцієнта записуються в блоки множення 9 - 12, а дійсна та уявна частини другого операнда записуються у вхідні реєстри 5, 6. На виходах блоків множення 9-12 формуються відповідно результати добутків  $\text{Re } B \cdot \text{Re } W$ ,  $\text{Im } B \cdot \text{Im } W$ ,  $\text{Im } B \cdot \text{Re } W$ ,  $\text{Re } B \cdot \text{Im } W$ , а на виходах підсумовуючих блоків 15, 16 формуються відповідно результати сум  $(\text{Re } B \cdot \text{Re } W - \text{Im } B \cdot \text{Im } W)$  та  $(\text{Im } B \cdot \text{Re } W + \text{Re } B \cdot \text{Im } W)$ . З приходом наступного тактового імпульсу на виходах підсумовуючих блоків 17-20 формуються значення першого та другого вихідних операндів, що визначаються формулами (3), котрі проходять на входи блоків 25 - 28 зсуву.

При реалізації базової операції за формулами (4) на першому та третьому виходах блока 34 керування пристроєм встановлюються одиничні сигнали, внаслідок чого вхідні реєстри 1, 2, 5, 6 працюють в режимі пропуску даних з їх інформаційних входів на виходи 3 другого виходу блока 34 керування пристроєм подаються тактові імпульси, котрі поступають з першого входу блока. На четвертому та п'ятому виходах блока 34 керування пристроєм встановлюються одиничні сигнали, внаслідок чого комутатори 15, 16, 23, 24 пропускають дані з їх других інформаційних входів. Комутатори 7, 8 також пропускають дані з їх других інформаційних входів, оскільки на їх керуючих входах присутній одиничний сигнал. З приходом чергового тактового імпульсу значення дійсних та уявних частин першого та другого операндів фіксуються в підсумовуючих блоках 17-20, на виходах яких формуються відповідно значення сум  $(\text{Re } A + \text{Re } B)$ ,  $(\text{Im } A + \text{Im } B)$ ,  $(\text{Re } A - \text{Re } B)$  та  $(\text{Im } A - \text{Im } B)$ , а дійсна та уявна частини вагового коефіцієнта записуються у вхідні реєстри 3, 4. З приходом наступного тактового імпульсу дані з виходів підсумовуючих блоків 17, 18, що визначаються двома першими формулами (4), записуються в проміжні реєстри 21, 22, з виходів яких поступають на входи блоків 25 і 26 зсуву, а дані з виходів підсумовуючих блоків 19, 20 та вхідних реєстрів 3, 4 записуються в блоки множення 9 - 12, на виходах яких формуються відпо-

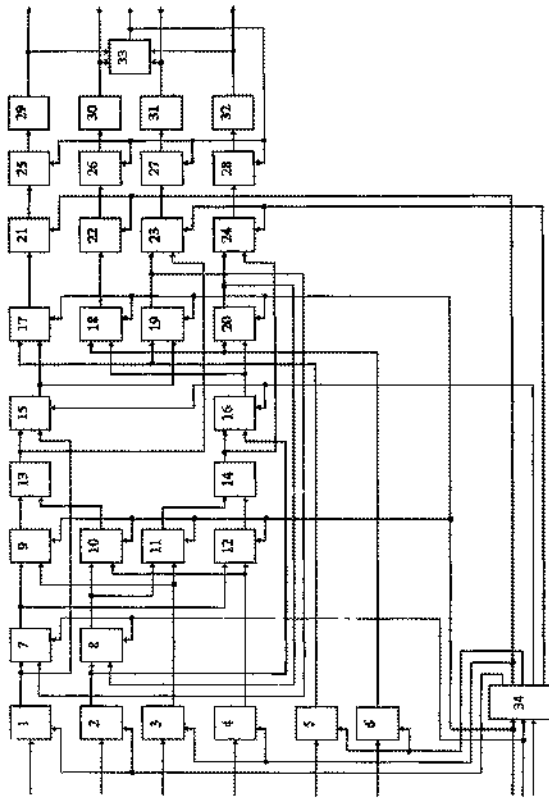
відно результати добутків  $(\text{Re } A - \text{Re } B) \cdot \text{Re } W$ ,  $(\text{Im } A - \text{Im } B) \cdot \text{Im } W$ ,  $(\text{Im } A - \text{Im } B) \cdot \text{Re } W$ ,  $(\text{Re } A - \text{Re } B) \cdot \text{Im } W$ . На виходах підсумовуючих блоків 13, 14 формуються значення, що визначаються двома останніми формулами (4), котрі проходять на входи блоків 27, 28 зсуву.

При реалізації базової операції за формулами (5) на другому виході блока 34 керування пристроєм встановлюється одиничний сигнал, внаслідок чого вхідні реєстри 3, 4 та проміжні реєстри 21, 22 працюють в режимі пропуску даних з їх інформаційних входів на виходи 3 першого та третього виходів блока 34 керування пристроєм подаються тактові імпульси, котрі поступають з першого входу блока. На четвертому виході блока 34 керування пристроєм встановлюється одиничний сигнал, внаслідок чого комутатори 15, 16 пропускають дані з їх других інформаційних входів. На п'ятому виході блока 34 керування пристроєм встановлюється нульовий сигнал, внаслідок чого комутатори 23, 24 пропускають дані з їх перших інформаційних входів. Комутатори 7 і 8, блоки множення 9 - 12 та підсумовуючі блоки 13, 14 не приймають участі в роботі пристрою. З приходом чергового тактового імпульсу значення дійсних та уявних частин першого та другого операндів записуються у вхідні реєстри 1, 2, 5, 6. З приходом наступного тактового імпульсу на виходах підсумовуючих блоків 17 - 20 формуються значення першого та другого вихідних операндів, що визначаються формулами (5), котрі проходять на входи блоків 25 - 28 зсуву.

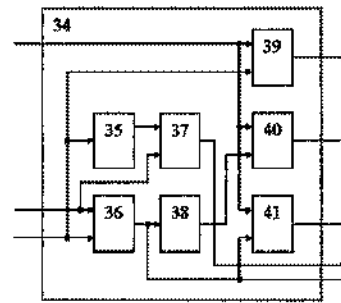
При реалізації базових операцій за формулами (3) - (5) значення, що поступають на входи блоків 25 - 28 зсуву зсуваються на 0, 1 або 2 розряди вправо, що визначається кодом з виходу блока 33 керування зсувами, після чого округлюються в блоках 29 - 32 округлення, з виходів яких поступають на шини першого та другого вихідних операндів.

Блок 33 керування зсувами функціонує таким чином. Значення вихідних операндів поступають в блок 33 керування зсувами. Серед всіх значень дійсних та уявних частин вихідних операндів базових операцій поточної ітерації алгоритму швидкого перетворення Фур'є визначається найбільше абсолютне значення. Якщо це значення лежить в межах від 0,84 до 1, то при виконанні базових операцій наступної ітерації блок 33 керування зсувами буде видавати код зсуву на 2 розряди, якщо в межах від 0,42 до 0,84 - на 1 розряд, а якщо в межах від 0 до 0,42 - на 0 розрядів, тобто без зсувів.

Пристрій для обчислення коефіцієнтів Фур'є реалізує конвеєрний принцип обробки даних, оскільки обробляє одночасно дві пари вхідних операндів. З приходом кожного тактового імпульсу одна пара вхідних операндів поступає на вхід пристрою, на виході якого в цей час формуються значення вихідних операндів для попередньої пари вхідних операндів.



Фиг. 1



Фиг. 2